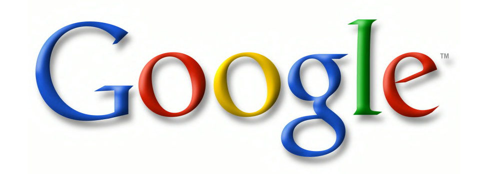
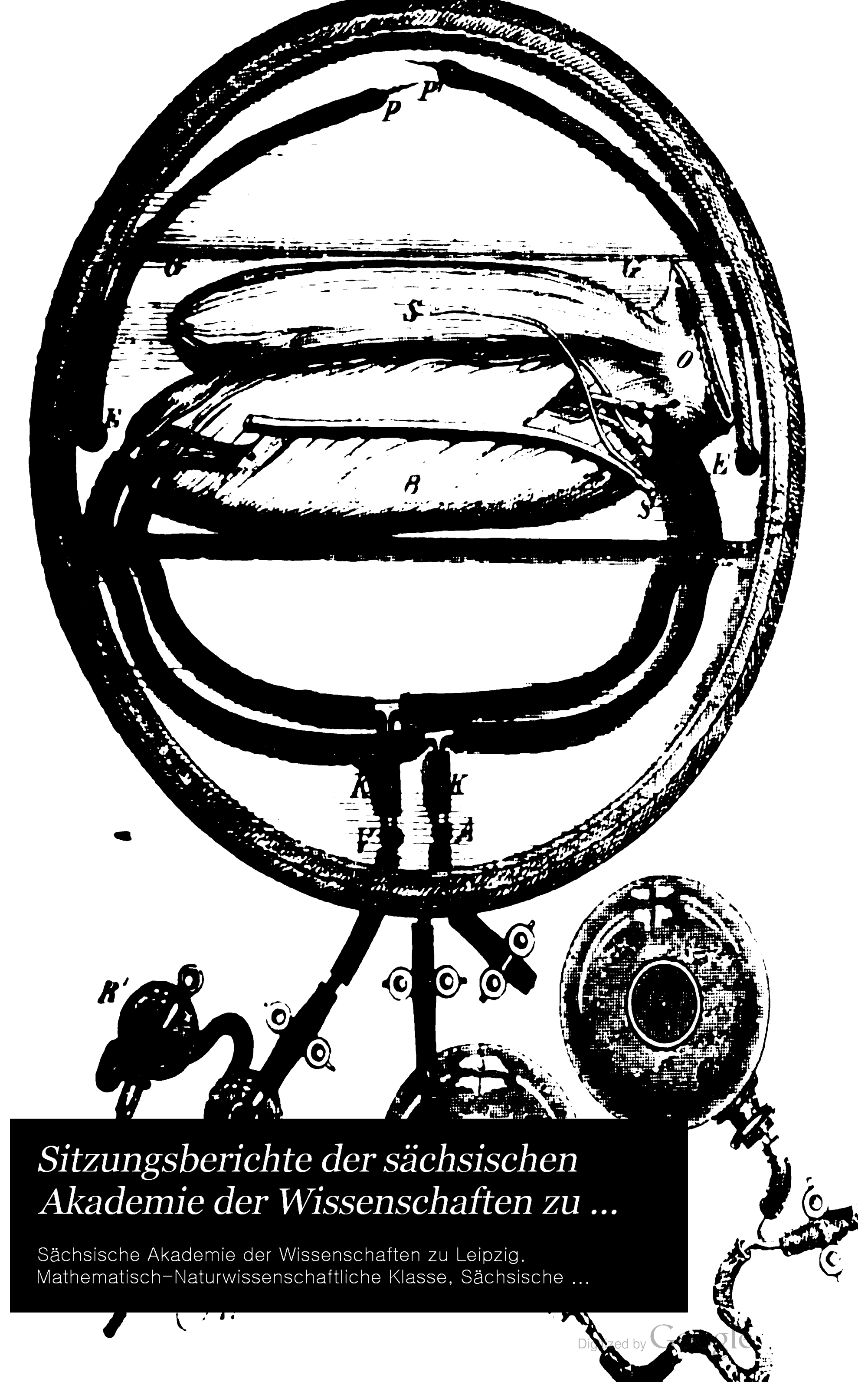
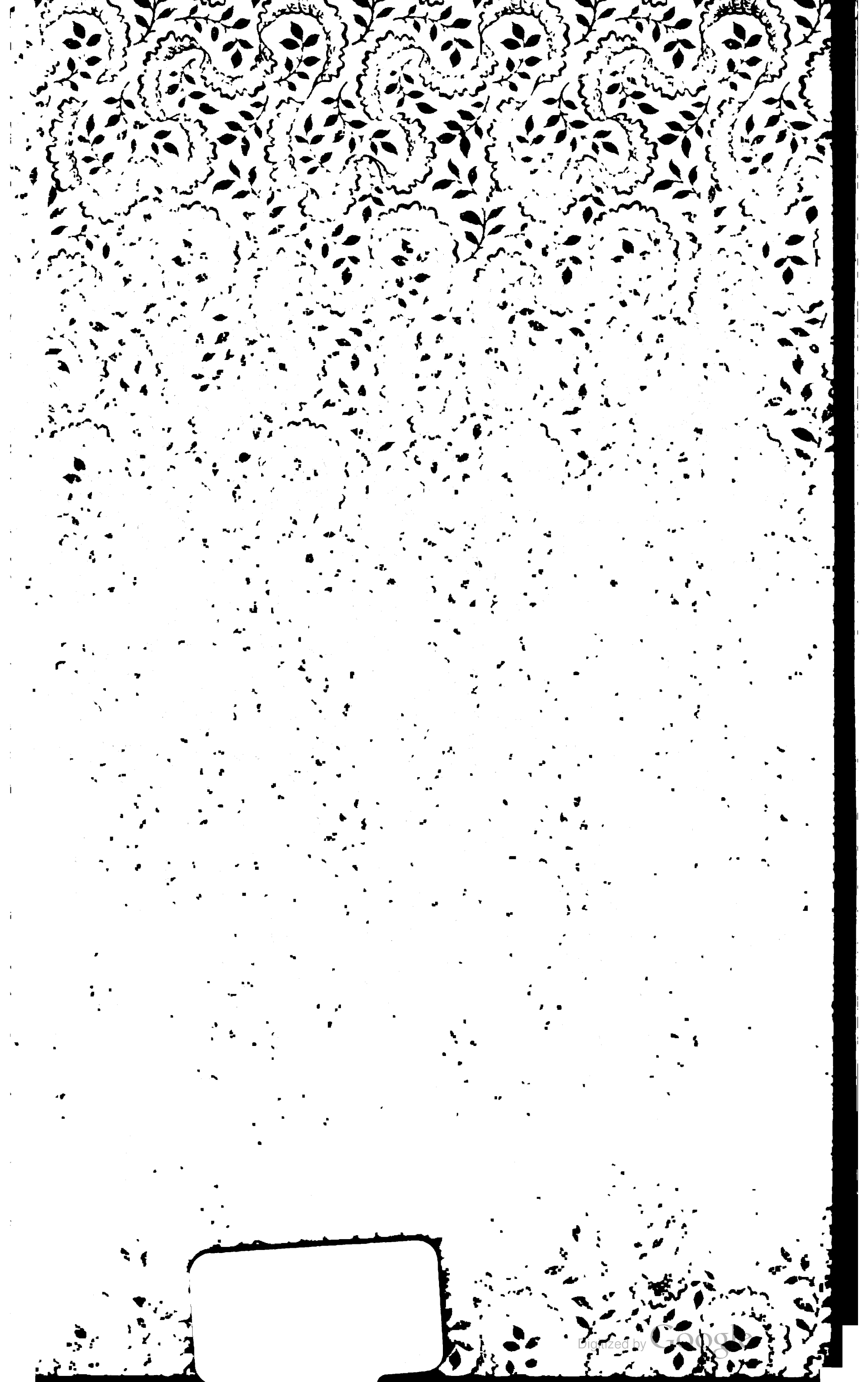



P
P'
S
O
E
E'
B
S'
K
K
F
A
R'



BERICHTE

ÜBER DIE

VERHANDLUNGEN

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

ZU LEIPZIG.

MATHEMATISCH-PHYSISCHE CLASSE.

ZWANZIGSTER BAND.

1868.



MIT FÜNF TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

INHALT.



Protector der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

SEINE MAJESTÄT DER KÖNIG.

Ehrenmitglied

Seine Excellenz der Herr Vorsitzende des Gesammtministeriums und Staatsminister des Cultus und öffentlichen Unterrichts Freiherr *Johann Paul von Falkenstein.*

Ordentliche einheimische Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Professor *Heinrich Leberecht Fleischer* in Leipzig, Secretär der philol.–histor. Classe.
- Professor *Hermann Brockhaus* in Leipzig, stellvertretender Secretär der philol.–histor. Classe.
- Geheimer Hofrath *Eduard Albrecht* in Leipzig.
- Professor *Georg Curtius* in Leipzig.
- —— *Adolf Ebert* in Leipzig.
- —— *Gustav Flügel* in Dresden.
- —— *Friedrich Franke* in Meissen.

Se. Exc. Herr Geheimer Rath *Hans Conon von der Gabelentz* in Altenburg.

Herr Hofrath und Universitäts-Oberbibliothekar *Ernst Gotthelf Gersdorf* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Karl Göttling* in Jena.
- Prälat *Gustav Hänel* in Leipzig.

Herr Professor *Gustav Hartenstein* in Jena.
- Hofrath *Karl Nipperdey* in Jena.
- Professor *Johannes Adolph Overbeck* in Leipzig.
- Geheimer Regierungsrath *Friedr. Ritschl* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Wilhelm Roscher* in Leipzig.
- Geheimer Rath *Karl Georg von Wächter* in Leipzig.
- Professor *Anton Westermann* in Leipzig.
- —— *Friedrich Zarncke* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Professor *Conrad Bursian* in Zürich.
- —— *Johann Gustav Droysen* in Berlin.
- —— *Hermann Alfred von Gutschmid* in Kiel.
- —— *Moritz Haupt* in Berlin.
- —— *Otto Jahn* in Bonn.
- Geheimer Justiz- und Oberappellationsgerichtsrath *Andreas Ludwig Jacob Michelsen* in Kiel.
- Professor *Theodor Mommsen* in Berlin.
- Hofrath *Hermann Sauppe* in Göttingen.
- Professor *Gustav Seyffarth* in New-York.
- —— *Karl Bernhard Stark* in Heidelberg.

Ordentliche einheimische Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Geheimer Medicinalrath *Ernst Heinrich Weber* in Leipzig, Secretär der mathem.-phys. Classe.
- Professor *Wilhelm Gottlieb Hankel* in Leipzig, stellvertretender Secretär der mathem.-phys. Classe.
- —— *Heinrich Richard Baltzer* in Dresden.
- Geheimer Medicinalrath *Carl Gustav Carus* in Dresden.
- Geheimer Hofrath *Moritz Wilhelm Drobisch* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Otto Linné Erdmann* in Leipzig.

Herr Professor *Gustav Theodor Fechner* in Leipzig.
- Hofrath *Carl Gegenbaur* in Jena.
- Geheimer Regierungsrath *Peter Andreas Hansen* in Gotha.
- Professor *Johann August Ludwig Wilhelm Knop* in Leipzig.
- —— *Hermann Kolbe* in Leipzig.
- Hofrath *Carl Friedrich Wilhelm Ludwig* in Leipzig.
- Geheimer Bergrath *Karl Friedrich Naumann* in Leipzig.
- Oberbergrath *Ferdinand Reich* in Freiberg.
- Bergrath *Theodor Scheerer* in Freiberg.
- Professor *Wilhelm Scheibner* in Leipzig.
- Hofrath *Oskar Schlömilch* in Dresden.
- Professor *Eduard Friedrich Weber* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Professor *Heinrich d'Arrest* in Kopenhagen.
- —— *Otto Funke* in Freiburg.
- —— *Wilhelm Hofmeister* in Heidelberg.
- Hofrath *Mathias Jacob Schleiden* in Dorpat.
- Professor *Samuel Friedrich Nathanael Stein* in Prag.
- —— *Alfred Wilhelm Volkmann* in Halle.
- —— *Wilhelm Weber* in Göttingen.



Verzeichniss

der bei der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1868 eingegangenen Schriften.

Von gelehrten Gesellschaften, Universitäten und öffentlichen Behörden herausgegebene und periodische Schriften.

Codex diplomaticus Saxoniae regiae. Im Auftrage der Königl. Sächs. Staatsregierung herausgegeben von E. G. Gersdorf. Zweiter Haupttheil. Urkundenbuch des Hochstifts Meissen. III. Bd. Mit einer Tafel. Leipzig 1867.

Codex diplomaticus etc. herausgegeben von E. G. Gersdorf und K. Fr. von Posern-Klett. Zweiter Haupttheil. VIII Bd. Urkundenbuch der Stadt Leipzig. 1. Bd. Leipzig 1868.

Abhandlungen der Königl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. Aus d. Jahre 1866. Berlin 1867. Aus dem Jahre 1867. Berlin 1868.

Monatsbericht d. Königl. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1867. September—December. 1868. Januar—October.

Denkschriften der Kaiserl. Akademie d. Wissenschaften. Philos.-histor. Classe. XVII. Bd Wien 1868. — Mathem.-naturwissensch. Classe. XXVII. Bd. XXVIII. Bd. Wien 1867. 1868.

Vier algebraische Aufsätze von Franz Unferdinger. Aus dem LVII. Bde. d. Sitzungsberichte d. K. Akad d. Wiss. Zweite Abtheil. April-Heft. Jahrg. 1867.

Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften. Philos.-histor. Cl. LV. Bd. 2—4. Heft. LVI. Bd. 1—3. Heft. LVII. Bd. 1—3. Heft. Wien 1867. LVIII. Bd. 1—3. Heft. Wien 1868.

Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. Mathem.-naturwissensch. Cl. Erste Abth. LV. Bd. 3—5. Heft. LVI. Bd. 1—5. Heft. LVII. Bd. 1—3. Heft. Wien 1867. 1868. — Zweite Abth. LVI. Bd. 3—5. Heft. LVII. Bd. 1—3. Heft. Wien 1867. 1868.

Die antiken Cameen d. k. k. Münz- u. Antiken-Cabinets in Wien. Beschrieben von Jos. Arneth. Mit XXV Kupfertafeln. Veröffentlicht auf Kosten d. k. k. Akademie d. Wissenschaften. Wien 1849.

Die antiken Gold- und Silber-Monumente d. k. k. Münz- und Antiken-Cabinetes in Wien. Beschrieben von Jos. Arneth. Mit XLI Taf. Veröffentlicht auf Kosten der k. k. Akademie der Wissenschaften. Wien 1850.

Die Cinque-Cento-Cameen und Arbeiten des Benvenuto Cellini und seiner Zeitgenossen im k. k. Munz- und Antiken-Cabinet zu Wien. Beschrieben von Jos. Arneth. Mit XXIII Tafeln. Veröffentlicht auf Kosten d. k. k. Akademie der Wissenschaften. Wien 1858.

Il Dante Ebreo ossia il Picciol Santuario, Poema didattico in terza rima, contenente la filosofia antica e tutta la storia letteraria giudaica sino all' età sua, dal Rabbi Mosè, Medico di Rieti, pubblicato dal Dr. J. Goldenthal. A spese della Cesarea Accademia delle scienze. Vienna 1851.

Die Kechua-Sprache von J. J. Tschudi. I. u. II. Abth. Sprachlehre und Sprachproben. III. Abth. Wörterbuch. Auf Kosten der k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1853.

Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lurg, Planina und Laas. Von A. Schmidt. Mit einem Heft Tafeln in Fol. Auf Kosten der Kais. Akad. d. Wiss. Wien 1854.

Geschichte Wassaf's. Persisch herausgegeben und deutsch übersetzt von Hammer-Purgstall. I. Bd. Auf Kosten der Kais. Akad. d. Wiss. Wien 1856.

Las Historias del origen de los Indios de esta Provincia de Guatemala, traducidas de la lengua Quiché al Castellano para mas comodidad de los ministros del S. Evangelio. Por el R. P. F. Francisco Ximenez. Publicado por el Dr. C. Scherzer. Á Expensas de la Imper. Academia de las ciencias. Viena 1857.

Archiv für österreichische Geschichte. 38. Bd. 2. Hälfte. Wien 1867. 39. Bd. 1. u. 2. Hälfte. Wien 1868.

Anzeiger d. Kaiserl. Akad. d. Wissensch. Mathem.-naturwissensch. Classe. IV. Jahrgang 1867. No. 29. 30. Wien 1867. — V. Jahrg. 1868. Nr. 1—17. 21—29. Wien 1868.

Almanach der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. Jahrg. 17 (1867). Jahrg. 18 (1868), Wien.

Fontes rerum Austriacarum. Zweite Abth. Diplomataria et Acta. XXVII. Bd. Wien 1867.

Archiv für österreich. Geschichte. 38 Bd. 1. Hälfte. 39. Bd. 2. Hälfte. Wien 1867. 1868.

Tabulae codicum manu scriptorum praeter graecos et orientales in bibliotheca Palatina Vindobonensi asservatorum. Vol. II. Cod. 2001—3500. Vindobonae 1868.

Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. 1867. No. 10—18. 1868. No. 1—10. Wien.

Die fossilen Mollusken des Tertiärbeckens von Wien, von M. Hornes. Bd. II. No. 7 u. 8. Abhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt. IV. No. 7 u. 8. Wien.

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Jahrg. 1867. Bd. XVII. No. 3. 4. — Jahrg. 1868. Bd. XVIII. No. 1. 2. Wien.

Mittheilungen d. k. k. geographischen Gesellschaft in Wien. Neue Folge. 1868. Wien 1868.

Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien Jahrg. 1867. Bd. XVII. Wien 1867.

Medicinische Jahrbücher. Bd. XV. 24. Jahrgang der Zeitschrift der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien. Wien 1868.

Wiener Anzeiger, 1868. No. 18—30.

Abhandlungen der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften vom Jahre 1867. 6. Folge. 1. Bd. Prag 1868.

Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellsch. d. Wissensch. in Prag. Jahrg. 1867. Prag 1867.

Mittheilungen des Vereines für Geschichte der Deutschen in Böhmen. V. Jahrg. No. II—V. — VI Jahrg. No. I—VIII. — VII. Jahrg. No. I. II. Prag 1866—1868.

Fünfter Jahresbericht des Vereines f. Gesch. d. Deutschen in Böhmen. Vom 16. Mai 1866 bis 15. Mai 1867. Prag 1867. — Sechster Jahresbericht u. s. w. Vom 16. Mai 1867 bis 15. Mai 1868. Prag 1868.

Mitglieder-Verzeichniss des Vereines f. Gesch. d. Deutschen in Böhmen. Geschlossen am 12. Mai 1868.

Abhandlungen d. histor. Classe d. kön. bayer. Akad. d. Wissensch. 10. Bds. 2 Abth. (in d. Reihe der Denkschriften der 38. Bd.). München 1867.

Abhandlungen der philos.-philol. Classe der kön. bayer. Akad. der Wissensch. 11. Bds. 2. Abtheil. (in der Reihe der Denkschriften der 42. Bd.). München 1867.

Sitzungsberichte der königl. bayer. Akad. d. Wissensch. zu München. 1866. I. Heft 4. II. Heft 1—4. München 1866. — 1867. I. Heft 1—4. II. Heft 1—4. München 1867. — 1868. I. Heft 1—4. II. Heft 1. 2. München 1868.

H. Brunn, Ueber die sogenannte Leucothea in der Glyptothek Sr. Maj. König Ludwigs I. Vortrag in d. öffentl. Sitz. d. Akad. d. Wiss. am 25. Juli 1867.

C. Voit, Ueber die Theorien der Ernährung der thierischen Organismen. Vortrag, gehalten in d. öffentl. Sitz. d. Akad. d. Wiss. am 28. März 1868.

Aug. Vogel, Denkrede auf H. A. v. Vogel. Gehalten in d. öffentl. Sitzung d. Akad. d. Wiss. am 28. März 1868.

Almanach der königl. bayer. Akad. d. Wissensch. f. d. J. 1867. München.

Annalen d. königl. Sternwarte bei München. Von Dr. J. v. Lamont. XV. Bd. XVI. Bd. München 1867.

Nachrichten von der königl. Gesellschaft d. Wissensch. und der Georg-Augusts-Universität aus dem J. 1867. Göttingen 1867.

Abhandlungen der königl. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen. 13. Bd. von den Jahren 1866 u. 1867. Göttingen 1868.

Vorstudien zur Topologie von J. B. Listing, abgedr. aus den Göttinger Studien 1847. Göttingen 1848. (Aus dem Nachlasse von Prof. Möbius, mit Widmung des Vfs. an die Gesellsch. d. Wissensch.)

Jahresbericht der Handels- und Gewerbkammer zu Dresden 1867. Dresden 1868.

Jahresbericht über d. 40. Cursus d. Königl. polytechnischen Schule und über den 21. Cursus d. Königl. Baugewerkenschule zu Dresden. 1867—1868.

Sitzungsberichte der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Dresden. 1867. Oct.—Dec. Dresden 1867. — 1868. Jan.—Mai. Dresden 1868.

Denkschrift der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden zur Feier ihres fünfzigjährigen Bestehens, zugleich als Festgabe für die Mitglieder der 42. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte am 19. Sept. 1868. Dresden.

Zeitschrift des K. Sächs. statistischen Bureau's. XIII. Jahrg. 1867. No. 7—12. XIV. Jahrg. 1868. No. 1—7.

Leopoldina Amtliches Organ der Kais. Leop.-Carol. Deutschen Akadem. d. Naturforscher. Heft VI. Nr. 5—8. März 1868.

Verhandlungen der Kais. Leopold.-Carolinischen Deutschen Akadem. d. Naturforscher. Bd. XXXIV. Dresden 1868.

Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft. Herausgegeben von den Schriftführern der Gesellschaft und unter Verantwortlichkeit von Prof. C. Bruhns in Leipzig. I. Jahrg. 1867. Leipzig 1867. II. Jahrg. 1867. III. Jahrg. 1—3. Heft. 1868.

Publicationen der Astronom. Gesellsch. No. I—VIII. Leipzig 1865—1868.

Neue Hülfstafeln zur Reduction der in der Histoire céleste française enthaltenen Beobachtungen von Fr. E. von Asten. Supplementheft zur Vierteljahrsschrift der Astronom. Gesellschaft. Jahrgang III. Leipzig 1868.

Meteorologische Beobachtungen an d. Leipziger Sternwarte von C. Bruhns im J. 1866.

Meteorologische Beobachtungen angestellt auf d. Leipziger Sternwarte im J. 1867, herausgeg. von C. Bruhns.

Resultate der meteorolog. Beobachtungen im Königreich Sachsen 1826—1861 und an den 25 K. Sächs. Stationen im J. 1866, von C. Bruhns. Leipzig 1868.

Mittheilungen des Geschichts- und Alterthums-Vereins zu Leisnig im Königreiche Sachsen. I. Heft. Leisnig 1868.

Statuten und Mitglieder-Verzeichniss des Geschichts- und Alterthums-Vereins für Leisnig und Umgegend, gegründet d. 5. März 1866. Leisnig 1867.

Erster Jahresbericht des Annaberg-Buchholzer Vereins für Naturkunde. Annaberg und Buchholz 1868.

Neues Lausitzisches Magazin. 44. Bd. 3. 4. Heft. Görlitz 1868. — 45. Bd. 1. Doppelheft. Görlitz 1868.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften von Giebel und Siewert. Bd. 31. Jahrg. 1868. Jan.—Juni. Berlin 1868.

Lotos, Zeitschrift für Naturwissenschaften. Herausg. vom naturhistorischen Vereine Lotos in Prag. 17. Jahrg. Prag 1867.

Die Fortschritte der Physik im J. 1865, dargestellt von d. physikal. Gesellschaft zu Berlin. Jahrg. XXI. 1. u. 2. Abth. Berlin 1867 u. 1868.

Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Erster Jahrg. No. 1—16. 19. Berlin 1868.

Schriften der königl. physikal.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg. Jahrg. VIII. (1867). Abth. 1 und 2. Königsberg 1867.

Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Bd. X, Heft 3 und 4. Halle 1868.

Abhandlungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. Philos. histor. Abth. 1867. Breslau 1867. — 1868. Heft 1. Breslau 1868. — Abth. f. Naturwissensch. u. Medicin. 1867/68. Breslau 1868.

Verzeichniss der in den Schriften der Schles. Ges. f. vaterl. Cultur von 1804—1863 incl. enthaltenen Aufsätze, geordnet nach den Verfassern in alphabet Folge. Breslau (s. a.)

Vierundvierzigster Jahresbericht der Schles. Ges. f. vaterl. Cultur. Enthält den Generalbericht über die Arbeiten und Veränderungen der Gesellschaft im J. 1866. Breslau 1867.

Fünfundvierzigster Jahresbericht etc. im J. 1867. Breslau 1868.

Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. Bd. I. Heft 1. Würzburg 1868.

Funfzehnter, sechzehnter und siebenzehnter Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft in Hannover. Hannover 1866. 1867.

Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg. Bd. IV. 1865 März bis 1868 October. Heidelberg 1868.

Jahresbericht des physikal. Vereins zu Frankfurt a. M. für d. J. 1866/67.

Achter Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde. 1866/67. Offenbach a/M. 1867.

Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. 19. und 20. Heft. Wiesbaden 1864—66.

Die römische Villa zu Nennig. Ihre Inschriften erläutert von Domcapitular von Wilmowsky. Mit zwei Tafeln Facsimile der Inschriften und erläuternden Sculpturen vom Amphitheater und Forum der Col. Aug. Trev. Herausgeg. von der Gesellschaft für nützliche Forschungen von Trier. Trier 1868.

Abhandlungen, herausgegeben vom naturwissensch. Vereine zu Bremen. I. Bd. III. Heft. (Schluss d. I. Bds.) Bremen 1868.

Schriften der Universität zu Kiel aus d. J. 1866. Bd. XIII. Kiel 1867. — Aus d. J. 1867. Bd. XIV. Kiel 1868.

Correspondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga. Jahrg. XVI. Riga 1867.

Beiträge zur Kunde steiermärkischer Geschichtsquellen. Herausgeg. vom histor. Vereine für Steiermark. V. Jahrg. Graz 1868.

Mittheilungen des histor. Vereines für Steiermark. XVI. Heft. Gratz 1868.

Verhandlungen des Vereins für Naturkunde zu Presburg. VI. Jahrg. 1862. VII. Jahrg. 1863. VIII. Jahrg. 1864—1865. IX. Jahrg. 1866. Presburg.

Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen naturwissensch. Gesellschaft während des Vereinsjahres 1866–67. St. Gallen 1867.

Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel. Th. IV. Heft 4. Basel 1867.

Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Basel zur Feier des 50jährigen Bestehens 1867. Basel 1867.

Ueber die physikalischen Arbeiten der Societas physica Helvetica 1751—1787. Festrede zur Feier d. 50jähr. Bestehens der Naturforschenden Gesellsch. in Basel von Fr. Burckhardt. Basel 1867.

Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft Graubündens. Neue Folge. XII. Jahrg. (Vereinsjahr 1866—1867). Chur 1867. — XIII. Jahrg. (Vereinsjahr 1867—1868.) Chur 1868.

Excursion der Section Rhätia auf die Sulzfluh im Rhätikongebirge. Chur 1865.

Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern aus d. J. 1867. No. 619—653. Bern 1868.

Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Rheinfelden. 1867. 51ste Versammlung. Jahresbericht 1867. Aarau

Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. T. XIX, 2e Partie. Genève 1868.
Verhandelingen der Koningl. Akademie van Wetenschappen. 11e Deel. Amsterdam 1868.
Verslagen en Mededeelingen der Koningl. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Afd. Letterkunde. 11e Deel. Amsterdam 1868.
Verslagen etc. Afd. Natuurkunde. 2e Reeks. 2e Deel. Amsterdam 1868.
Rapport fait à l'Acad. Roy. des sciences des Pays Bas, Section physique. Présenté dans la séance du 25 janvier 1868. Extrait des Comptes rendus de l'Academie. Amsterdam 1868.
Jaarboek van de Koningl. Akademie van Wetenschappen gevestigd te Amsterdam, voor 1867. Amsterdam.
Processen-Verbaal van de gewone Vergaderingen der Koningl. Akad. van Wetenschappen. Afd. Natuurkunde. Van Mei 1867 tot en met April 1868.
Catalogus van de Boekerij der Koningl. Akad. van Wetenschappen, gevestigd te Amsterdam. 2en Deels 2e Stuk. Amsterdam 1868.
Exeunte Octobri. Ad filiolum carmen Alberti Henr. Arn. Ekker, civis Campensis, cui certaminis poetici praemium e legato J. H. Hoeufft adjudicatum est in consessu publico Academiae Regiae Disciplinarum Neerlandicae die IX. m. Martii anni MDCCCLXVIII. Amstelodami 1868.
Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem. Rüdinger: die Muskeln der vordern Extremitäten der Reptilien und Vögel. Haarlem 1868.
Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles. T. II. Livr. 3 4. 5. T. III. Livr. 1. 2. La Haye 1867. 1868.
Nederlandsch Archief voor Genees- en Natuurkunde, uitgegeven door Donders en Koster. Deel III. Aflev. 1—3. Utrecht 1867.
Onderzoekingen gedaan in het physiolog. Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Reeks II, 1.
Programme de la Société Batave de philosophie expérimentale de Rotterdam. 1 Bogen
Bulletin de l'Institut Archeologique Liégeois. Tome VIII. 3e et dernière livraison. Liége 1868.
Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Academie Royale &c. de Belgique. Collection in 8⁰. Tome XIX. XX. Bruxelles 1867. 1868.
Memoires couronnés et mémoires de savants étrangers publies par l'Académie Roy. de Belgique. T. XXXIII. 1865—1867. Bruxelles 1867.
Bulletins de l'Académie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. 36ème Année. 2. Sér. T. XXIV. 1867. Bruxelles 1867.
Annuaire de l'Académie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. 1868. 34ème Année. Bruxelles 1868.
Annales météorologiques de l'Observatoire Roy. de Bruxelles, publiés par A. Quetelet. 1e Année. (Feuillets 1—12.) Bruxelles 1867.
Note sur la publication du T. XVIII des Annales de l'Observatoire Roy. de Bruxelles par A. Quetelet, extrait des Bulletins de l'Academie (2). T. XXV.
Bullettino dell' Instituto di corrispondenza archeologica per l'anno 1868. No. 1—11 (Gennajo-Novembre). Roma.
Empreintes de Camées et d'Intailes antiques publiées par M. Odelli, sous la direction de l'Institut de correspondance archéologique. VII. Centurie. Rome 1868.

Memorie del R. Istituto Veneto di scienze, lettere et arti. Vol. XIII. (p. 368—610). Vol. XIV (p. 1—156). Venezia 1868.

Atti del R. Istituto Veneto &c. T. XII, Ser. III, Disp. 10. Venezia 1866—67. T. XIII, Ser. III, Disp. 1—7. Venezia 1867—68.

Memorie della R. Accademia delle scienze di Torino. Serie Seconda. Tomo XXIII. Torino 1866. Tomo XXIV. Torino 1868.

Atti della R. Accademia delle scienze di Torino. Vol. II. Disp. 4ª—7ª. (Marzo 1867—Giugno 1867.) Vol. III. Disp. 1ª—8ª. (Nov. 1867—Giugno 1868.) Torino 1868.

Catalogo delle Leoneidi o stelle meteoriche del periodo di Novembre, osservate nel 1867 al R. Osservatorio di Torino dal Direttore Prof. Alessandro Dorna.

Memorie del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Classe di lettere e scienze morali e politiche. Vol. X. — I della Seria terza. Fasc. V. Fasc. VI e ultimo. Milano 1867.

R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Rendiconti. Classe di lettere e scienze morali e politiche. Vol. IV. Fasc. I—X. Milano 1867. Dazu Indices von Vol. I—IV.

Memorie &c. Classe di scienze matematiche e naturali. Vol. X. — I della Serie terza. Fasc. IV. Fasc. V e ultimo. Milano 1867.

R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Rendiconti. Classe di scienze matematiche e naturali. Vol. III. Fasc. X e ultimo. Milano 1866. — Vol. IV. Fasc. I—VIII. Dazu Indices zu Vol. I—IV.

Solenni Adunanze del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Vol I Fasc. IV. Adunanza del 7 Agosto 1867. Milano 1867.

R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Rendiconti. Serie II. Vol. I. Fasc. I—X. Milano 1868.

Della Laguna di Venezia e dei fiumi nelle attigue provincie, Memoria del Bar. Camillo Vacani di Forteolivo. Firenze 1867.

Annuario della Società dei Naturalisti in Modena. Anno III. Modena 1868.

Archivio per la Zoölogia, l'Anatomia e la Fisiologia. Vol. IV. Fasc. 1. Modena 1866.

Determination of the positions of Feaghmain and Haverfordwest, Longitude Stations on the great European Arc of Parallel. Being an Appendix to the Account of the principal Triangulation of Great Britain and Ireland. By Captain A. R. Clarke under the direction of Col. Sir Henry James. Published by order of the Secretary of State for War. London 1867.

Philosophical Transactions of the R. Society of London. Vol. 157. Part II. London 1867.

Proceedings of the R. Society of London. Vol. XVI. No 95—100.

The Royal Society. (List of members.) 30th Nov. 1867.

Catalogue of scientific Papers. (1860—1863.) Compiled and published by the R. Society of London. Vol. I. A—Cen. London 1867.

Proceedings of the R. Institution of Great Britain. Vol. V. Part I—IV. No. 45—48. London 1867. 1868.

R. Institution of Great Britain 1868. List of the members &c. London 1868.

Memoirs of the R. Astronomical Society. Vol. XXXV. XXXVI. London 1867.

Transactions and Proceedings of the R. Society of Victoria. Part II. Vol. VIII. Melbourne 1868.

Contents of the Correspondence of Scientific Men of the seventeenth Century. Contents of Vol. I and II. Oxford 1862.

Transactions of the R. Society of Edinburgh. Vol. XXIV. Part III. Session 1866—1867.

Proceedings of the R. Society of Edinburgh. Session 1866—1867. Vol. VI. No. 71—78.

Proceedings of the R. Irish Academy. 8. Nov. 1858—24. Juny 1861. (p. 73—312.)

The Journal of the R. Dublin Society. No. XXXVI. Dublin 1867. (2 Exx.)

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences, belles-lettres et arts de Lyon. Classe des lettres. Tome XIII. Paris et Lyon 1866—68.

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences, belles-lettres et arts de Lyon. Classe des sciences. Tome XVI. Lyon et Paris 1866—67.

Annales de la Societé Linnéenne de Lyon. Année 1867. (Nouvelle Série.) Tome XV. Paris 1868.

Mémoires de la Societé des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Tome V. 2. 3. cahier. Paris et Bordeaux 1867.

Mémoires de la Sociéte des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Tome V. Extrait de Procès-verbaux et Bulletin bibliographique. 1867.

Det Kong. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. 5te Række. Naturvidenskabelig og mathematisk Afdeling. 6te Bind. Kjobenhavn 1867. 7te Bind. Kjobenhavn 1868.

Oversigt over det Kong. Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger og dets Medlemmers Arbeider i Aaret 1866 Nr. 5. 7. — i Aaret 1867. No. 5. 7. Kjöbenhavn.

Siderum nebulosorum Observationes Havnienses institutae in specula Universitatis per tubum sedecimpedalem Merzianum ab anno 1861 ad annum 1867 auctore H. L. d'Arrest. Editae jussu et expensis Societatis Regiae Scientiarum Daniae. Havniae 1867.

Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Udgives af den physiographiske Forening i Christiania ved M. Sars og Th. Kjerulf. 15. Binds 1. og 2. Hefte. Christiania 1866. 1867.

Norske Universitets- og Skole-Annaler, udgive af Universitetets Secretair. 3e Række. VIII Bd. 1—4. Hefte. Christiania 1866. 1867.

Det Kongel. Norske Frederiks Universitets Aarsberetning for Aaret 1866 med Bilage. Christiania 1867.

Universitetets Legater og Stipendier. Christiania 1867.

Index scholarum in universitate regia Fredericiana. 1867.

Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania. Aar 1865. Christiania 1866. — Aar 1866. Christiania 1867.

Norges officielle Statistik:

B. No. 2. Tabeller vedkommende Skiftevæsenet i Norge i Aaret 1865. Christiania 1867.

C. No. 3. Handels- og Skibsfartstabeller for 1865. Christiania 1866.

C. No. 4. Medicinalberetning for 1864. Christiania 1866.

C. No. 5. Tabeller over de Spedalske i Norge i 1865. Christiania 1867.

C. No. 5. Tabeller over de Spedalske i Norge i 1866. Christiania 1867.

C. No. 6. Beretning om de høiere Landsbrugsskole i 1864/65. Christiania 1866.

D. No. 1. Oversigt over Kongeriget Norges Indtægter og Udgifter i Aaret 1865. Christiania 1867.

F. No. 1. Den Norske Statstelegrafs Statistik for Aaret 1866. Christiania 1867.

[illegible] Christiania 1867.

[illegible] Christiania 1866. Christiania 1867.

[illegible] 31. Dec. 1866. Christiania 1867.

[illegible] Bd. 4 Heft 1 1863 — 1866. [illegible]

Acta Reg. Societatis [illegible] Fasc. II. Upsaliae 1866.

[illegible] Lund 1866 — 67.

[illegible] Philosophi. Språkvetenskap [illegible]

[illegible] Mathematik och Naturvetenskap [illegible]

[illegible] Lund 1866 — 67.

1866.

[illegible] shing —

[illegible] le vom

[illegible] itution

[illegible] ishing —

[illegible] racas

Az Erdélyi Muzeum-Egylet Évkönvei. IV Kötet. Második Füzet. Szerkesztette Brassai Sámuel. Kolozsvártt, 1868.

Annals of the Lyceum of Natural History of New-York. Vol. VIII. No. 15—17. New-York 1867.

Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 1867. Jan.—Dec. Philadelphia 1867.

Proceedings of the American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting usefull knowledge. Vol. X. No. 77.

Memoirs read before the Boston Society of Natural History. Vol. I. Part 3. Boston 1868.

Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. XI. p. 97—Schluss (mit Titel u. Register). Boston 1868.

Condition and Dooings of the Boston Society of Natural History as exhibited by the Annual Reports. May 1867 and May 1868. Boston 1867 and 1868.

Annual of the Boston Society of Natural History 1868—69. I. Boston 1868.

Proceedings of the American Association for the advancement of science. Meeting 15, held at Buffalo Aug. 1866. Cambridge 1867.

Transactions of the Academy of Science of St. Louis. Vol. II. (Bogen 30—Schluss) 1861—68. St. Louis 1868.

Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences. New Series. Vol. IX. Part 1. Cambridge and Boston 1867.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. VII, pag. 185—344.

Experiments on Itakolumite by Ch. Wetherill from the American Journal of Sciences and Arts.

Annual Report of the Trustees of the Museum of Comparative Zoology at Harward College in Cambridge. 1866. Boston 1867.

Proceedings of the Essex Institute. Vol. V. No. 5 and 6. Jan. - June 1867. Salem 1868.

Report of the Superintendent of the Coast Survey, showing the progress of the Survey during the year 1863. Washington 1864.
,, 1864. ,, 1866.
,, 1865. ,, 1867.

Report of the Commissioner of Patents for the year 1863. Arts and Manufactures. Vol. I. II. Washington 1866. — For the year 1864. Arts and Manufactures. Vol. I. II. Washington 1867. — For the year 1865. Vol. I. II. III. Washington 1867.

Catalogue of the U. S. Army Medical Museum, prepared under the direction of the Surgeon General U. St. Army. Washington 1866.

Annual Report of the Surgeon General, U. S. Army. 1867.

War Department, Surgeon General's Office, June 10, 1868. Circular No. 1. Report on Epidemic Cholera and Yellow Fever in the U. S. Army during 1867. Washington 1868. — Mai 4 1867. Circular No. 5. Report on the Epidemic Cholera. Washington 1867. — Nov. 1865. Circular No. 6. A Report on the Extent and Nature of the Materials available for the preparation of a medical and surgical history of the Rebellion. Philadelphia 1866. — Washington, July 1, 1867. Circular No. 7. A Report on Amputations at the Hip-joint in Military Surgery. Washington 1867.

Report on Epidemic Cholera in the army of the U. S. in the year 1866. Washington 1867. War Department, Surgeon General Office.

Monthly Report of the Department of Agriculture for the year 1866. Washington 1867. — For the year 1867. Washington 1868.

Report of the Commissioner of Agriculture for the year 1866. Washington 1867.

Einundzwanzigster Jahresbericht (1866) der Staats-Ackerbau-Behörde von Ohio. Columbus, Ohio 1867.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution for the year 1866. Washington 1867.

Smithsonian Contributions to Knowledge. Vol. XV. City of Washington 1867.

Vargasia. Boletin de la Sociedad de ciencias fisicas y naturales de Caracas. 1868. Num. 1—3. Enero, Febrero y Marzo. Caracas 1868.

Einzelne Schriften.

Deutsche Adelsproben aus dem deutschen Ordens-Central-Archive. Mit Genehmigung Seiner K. K. Hoheit, des Erzherzogs Wilhelm von Oesterreich, Hoch- und Deutschmeisters, bearbeitet von Leop. Nedopil, Priester und Archivar des hohen deutschen Ritterordens. 3 Bde. Wien 1868.

Das Staatsbudget und das Bedürfniss für Kunst und Wissenschaft im Königreich Hannover. Hannover 1866.

Ueber den Stoffverbrauch bei der Zuckerharnruhr. Von M. v. Pettenkofer und C. Voit. (s. l. e. a.)

Gâta Ahunavaitê, Saratustrica Carmina septem lat. vertit et explicavit, commentarios criticos adjecit, textum archetypi — recensuit C. Kossowicz. Petropoli 1867.

Opyt Grammatiki arabskago jazyka. (Versuch einer Grammatik d. arab. Sprache. Russisch.) Von Mich. Nawrozki. St Petersburg 1867.

Meteorologische Beobachtungen angestellt in Dorpat im J. 1867, redigirt und bearbeitet von Arthur v. Oettingen. Dorpat 1868. Nebst einem gedruckten Rundschreiben des Vfs., dat. Dorpat d. 1. Mai 1868.

A. Pollender: Ueber das Entstehen und die Bildung der kreisrunden Oeffnungen in der äussern Haut des Blütenstaubes. Bonn 1867.

— Neue Untersuchungen über das Entstehen, die Entwickelung, den Bau und das chemische Verhalten des Blütenstaubes. Mit 4 lithogr. Tafeln. Bonn 1868.

— Wem gebührt die Priorität in der Anatomie der Pflanzen, dem Grew oder dem Malpighi? Bonn 1868.

Saggio di interpretazione della Geometria non-Euclidea del Prof. Eugenio Bertrami. Napoli 1868.

Morkinskinna, Pergamentsbog fra første Halvdel af det trettende Aarhundrede. Inholdende en af d. ældste Optegnelser af Norske Kongesagner, udgiven af C. R. Unger. Christiania 1867.

Études sur les affinités chimiques par Goldberg et Waage. Christiania 1867.

Archives du Musée Teyler. Vol. I. Fasc. 3. Harlem 1868.

Exposé des formations quaternaires de la Suède par A. Erdmann. Stockholm 1868. Texte mit Atlas.

Essai sur la métaphysique des forces par Alex. Schyanoff. Mémoire premier et second. Edition II. Kiew 1868.

Thomae Vallaurii Acroases IIII. Factae studiis litterarum latinarum auspicandis in R. Athenaeo Taurinensi ab an. MDCCCLXV. ad an. MDCCCLXVIII. Aug. Taurin. 1868.

Ueber eine mikroskopische Flora und Fauna krystallinischer Massengesteine (Eruptivgesteine) von G. Jenzsch. Leipzig 1868.

Verzeichniss der im Sollinge und Umgebung wachsenden Gefässpflanzen von v. Hinüber in Moringen.

Veränderungen in dem Bestande der hannoverischen Flora seit 1780 von L. Mejer. Hannover 1867.

Die Diatomeen der hohen Tartra von J. Schumann. Wien 1867.

Beitrag zu einer Monographie der Sciarinen von J. Winnertz. Wien 1867.

Diagnosen der in Ungarn und Slavonien beobachteten Gefässpflanzen, welche in Kochs Synopsis nicht enthalten sind, von A. Neilreich. Wien 1867.

Bericht über die im J. 1867 den Herzoglichen Sammlungen des Schlosses Friedenstein zugegangenen Geschenke.

SITZUNG AM 4. FEBRUAR 1868.

Prof. **W. Knop**, *Vorläufige Mittheilung über eine Methode zur Spaltung der Eiweisskörper.*

Die Kenntniss der Constitution der Eiweisskörper ist gegenwärtig noch ein Desiderat, besonders für diejenigen Chemiker, welche sich mit dem Ernährungsprocess der Pflanze und des Thiers beschäftigen.

Ueberblicken wir den Eiweisskörpern gegenüber die Kohlenhydrate, Fette, Alkohole und organischen Säuren, so gewährt der Zusammenhang dieser Körper, soweit die Chemie ihn bis jetzt erforscht hat, schon einige Befriedigung für den Phytochemiker und Zoochemiker, denn wir vermögen uns daraus ein Bild davon zu entwerfen, wie manche dieser verschiedenen Körper im lebenden Organismus entstehen und in einander übergehen können.

Bezüglich der Eiweisskörper dagegen sind wir noch rathlos.

Ich habe im Verlauf der letzten Jahre wiederholt Anstrengungen gemacht, geeignete Methoden aufzufinden, um die Eiweisskörper zu zergliedern.

Aus den Oxydationsproducten derselben, namentlich aus denen, welche sie bei der Zerstörung durch Chromsäure und durch Behandlung mit Braunstein und Schwefelsäure geben, verbunden mit dem Auftreten des Ammoniaks, wenn sie mit starken Basen behandelt werden, liess sich im Allgemeinen wohl schliessen, dass die Eiweisskörper Amide, Imide, Nitrile, oder solchen vom Ammoniak ableitbaren Verbindungen verwandte Körper seien, welche neben dem Residuum vom Ammoniak noch das eines Zuckers oder Fettes in ihrem Molecul enthalten. Da amidartige Abkömmlinge vom Ammoniak bei ihrer Entstehung

und in ihren Reactionen häufig eine Analogie mit den Aethern zeigen, so hielt ich es für möglich, dass die Eiweisskörper, falls sie in die Reihe jener Körper gehören, sich auf eine regelmässige Art und Weise würden spalten lassen, wenn man dieselben Operationen unterwirft, bei welchen Aether entstehen und auf dieselben einwirken.

Ausgehend von dieser Idee, behandelte ich zuerst das Hühnereiweiss mit Schwefelweinsäure. Gleich bei diesem ersten Versuch stellte sich in der That heraus, dass dasselbe sich ganz präcise in bestimmte Spaltungsstücke zerlegt und bei weiteren Versuchen auch, dass sich ähnliche Resultate bei der Behandlung des Eiweisses mit Methylschwefelweinsäure und Glycerinschwefelsäure gewinnen lassen.

Coagulirt man das Weisse von etwa 30 Stück Hühnereiern mit absolutem Alkohol, den man mit einigen Tropfen Schwefelsäure angesäuert hat, und entfernt die alkoholisch-wässrige Flüssigkeit von dem Coagulum durch gelindes Pressen mit der Hand, so erhält man ungefähr ein Pfund lockerer Eiweissmasse.

Uebergiesst man diese mit ungefähr einem Liter absoluten Alkohols und einem gleichen Volum englischer Schwefelsäure, und schüttelt, so nimmt die Mischung sofort, wenn sie sich erhitzt hat, jene violette Farbe an, welche Tyrosinverbindungen bei Gegenwart von geringen Mengen Eisenchlorid zeigen. Hat man die Schwefelsäure rasch genug hinzugesetzt, um das Maximum der Temperatur zu erreichen, welches sich beim Mischen von Alkohol und Schwefelsäure überhaupt herausstellen kann, so nimmt die Flüssigkeit in wenigen Minuten eine braune Farbe an, und alles Eiweiss ist jetzt vollständig in andere Körper umgewandelt.

Scheidet sich aus der Mischung, wenn man eine Probe derselben mit Wasser verdünnt, oder wenigstens, wenn man diese Flüssigkeit mit Ammoniak neutralisirt, noch ein weisser amorpher Niederschlag aus, so genügt es, die heisse Mischung noch 10 Minuten in sehr gelindem Sieden zu erhalten, um die Umwandlung des Eiweisses vollständig zu machen.

Die braune Farbe der Flüssigkeit scheint von der Reaction des unter den Aschenbestandtheilen des Eiweisses enthaltenen Eisenoxyds auf eins der Spaltungsproducte herzurühren, denn, wenn man die saure Flüssigkeit mit Ammoniak, kohlensaurem Kali oder Kalkhydrat, und namentlich, wenn man sie, verdünnt

mit vielem Wasser, durch Eisenblech- oder Zinkblechstreifen absättigt, so erscheint sie kaum gelblich gefärbt.

Ich habe gefunden, dass sich bei dieser Behandlung keine freie Kohlensäure und kein einziges unbestimmtes (braunes) Zersetzungsproduct bildet. Dabei tritt Ammoniak aus dem Eiweiss aus, das die saure Lösung als schwefelsaures und schwefelweinsaures Ammoniak enthält. Ausserdem findet sich darin eine Verbindung der Schwefelsäure und Schwefelweinsäure mit einem stickstoffhaltigen Körper, welche mit den Basen zerfliessliche, nicht krystallisirbare Salze bildet und entweder Tyrosinschwefelsäure, oder eine derselben ganz nahe stehende Säure ist. Die Salze haben eine grosse Aehnlichkeit mit den tyrosinschwefelsauren Salzen, welche *Städeler* untersucht und beschrieben hat, und die Analysen, die ich bis jetzt gemacht habe, ergeben auch eine Zusammensetzung, welche dafür spricht, dass diese Säure die Elemente des Tyrosins und der Schwefelsäure enthält.

Ich habe bereits Mittel gefunden, diese stickstoffhaltige Substanz als Niederschlag mit einer Base aus der mit Kalk neutralisirten schwefelweinsauren Flüssigkeit auszuscheiden, wobei ich sie jetzt reiner erhalte als früher, und werde desshalb die Analysen erst dann mittheilen, wenn ich auch diese neuen Niederschläge analysirt habe. Unmittelbar darnach, wenn man das Eiweiss mit Schwefelweinsäure zersetzt hat, riecht die Flüssigkeit ganz rein nach Schwefelweinsäure und Aethyläther, der bei weiterem Erhitzen der Flüssigkeit abdestillirt.

Sättigt man die saure Lösung mit Baryt oder Kalk, so entweicht Ammoniak, und dunstet man nun die Lösung des rohen Baryt- oder Kalksalzes ab, so verbreitet die Lösung anhaltend den penetranten Geruch eines geschwefelten Alkohols, bisweilen dem Allyl täuschend ähnlich, an den des Senföls und derjenigen Körper erinnernd, welche man bei der Einwirkung von schwefliger Säure auf Aceton erhält.

Gewiss hat die bisherige Untersuchung wenigstens so viel ergeben, dass die Mengen des Ammoniaks, welche sich nach der Zersetzung des Eiweisses in der sauren Flüssigkeit vorfinden, und die vorläufig als Tyrosinschwefelsäure angesehene Verbindung das Quantum des angewandten Eiweisses nicht wiedergeben. Dabei liess sich bisher keine Aetherart, kein durch Wasser aus der alkoholischen sauren Flüssigkeit ab-

scheidbarer Körper nachweisen. Letztere enthält meist eine grosse Menge von Schwefelweinsäure. Ob sich kohlensaures Aethyloxyd in derselben vorfindet oder nicht, habe ich noch nicht mit Sicherheit feststellen können, für möglich muss ich es aus dem Grunde halten, weil ich bei der analogen Behandlung des Eiweisses mit Holzgeist und Schwefelsäure, bei Einhaltung gewisser Verhältnisse der auf einander reagirenden Körper, reichliche Entwicklung freier Kohlensäure beobachtete, die, in Barytwasser geleitet, massenhaft kohlensauren Baryt niederschlug. Ebenso habe ich noch zu untersuchen, ob unter den Zersetzungsproducten des Eiweisses eine Allylverbindung oder ein Alkohol oder Aceton auftritt.

Das Ammoniak schien sich bei der Behandlung des Eiweisses mit Holzgeist und Schwefelsäure als Methylamin in der sauren Flüssigkeit vorzufinden. Das Platinchloriddoppelsalz gab wenigstens genau dessen Platingehalt, nicht den des Ammoniumplatinchlorids. Der stickstoffhaltige Körper aber, der hierbei hinterblieb, hatte der Analyse zufolge eine Zusammensetzung, welche der Leucinschwefelsäure nahe kam, aber diese Versuche habe ich nicht mit einem reinen Methylalkohol machen können, auch war das Product, das ich eben zuletzt hier erwähnt habe, nicht völlig rein.

Bei dem Erhitzen mit Glycerinschwefelsäure zersetzt sich das Eiweiss gleichfalls regelmässig.

Ich nehme auf Grund der bis jetzt von mir ausgeführten Versuche Veranlassung, der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften die vorläufige Mittheilung zu machen, dass bei der Behandlung des Eiweisses mit Aethylschwefelweinsäure, Methylschwefelweinsäure und Glycerinschwefelsäure die Eiweisskörper sich regulär spalten lassen, und dass es mir gelungen ist, durch Combination aller drei Verfahrungsarten, einen Weg ausfindig zu machen, auf dem man zur Trennung sämmtlicher flüchtiger und nichtflüchtiger Spaltungsproducte der Eiweisskörper gelangt, um es mir vorzubehalten, die fernere Untersuchung sämmtlicher Eiweisskörper in dieser Richtung durchzuführen. Ich kann voraussehen, dass diese Arbeit mich auf mehrere Jahre hin in Anspruch nehmen wird, weil die Art und Weise der Spaltung sich je nach den Verhältnissen, in welchen Alkohol, Wasser, Eiweisskörper und Schwefelsäure auf einander einwirken, verschieden gestaltet.

Da ich bei allen vorläufigen Versuchen aber gar keine Producte einer tiefer eingreifenden Zersetzung, sondern, neben ganz vollkommen weissen schwefelweinsauren Salzen, ganz farblose Mutterlaugen und ganz reine Niederschläge erhalte, so unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass ich die Spaltungsproducte der Eiweisskörper mit der Zeit qualitativ und quantitativ genau werde bestimmen können.

E. Drechsel, *Ueber Reduction der Kohlensäure zu Oxalsäure.* Vorgelegt von dem w. Mitgliede *H. Kolbe.*

Seit dem Jahre 1861, wo es Prof. *Kolbe* und Dr. *R. Schmitt* gelang, die Kohlensäure direkt in Ameisensäure umzuwandeln, hat ersterer in seinem Laboratorium fast ununterbrochen zahlreiche Versuche anstellen lassen, um die Kohlensäure unmittelbar auch zu Oxalsäure zu reduciren. Die meisten derselben bezweckten die Reduction derselben mittelst nascirenden Wasserstoffs; sie blieben aber ohne den gewünschten Erfolg. Ganz kürzlich habe auch ich auf seine Veranlassung mich mit dieser Aufgabe beschäftigt und neue Versuche angestellt, welche mich auf überraschend einfache Weise das erstrebte Ziel erreichen liessen. Es genügt, Kalium oder Natrium, am besten mit trocknem Quarzsand gemischt, in einem Kohlensäurestrom unter häufigem Umrühren auf die Temperatur des siedenden Quecksilbers zu erhitzen, um oxalsaures Salz zu erhalten. Die anfangs silberglänzende teigige Masse färbt sich allmälig purpurroth und wird zuletzt zu einem dunkeln Pulver, welches nur noch an wenigen Stellen Metallglanz zeigt. Man darf besonders gegen Ende der Operation nicht zu stark erhitzen, da die Masse unter Verglimmen leicht verkohlt.

Man breitet das Produkt, nach dem Erkalten im Kohlensäurestrom, am besten auf flachen Tellern aus, damit sich das noch vorhandene Metall langsam oxydire, zieht dann mit Wasser aus, säuert mit Essigsäure an, und fällt mit Chlorcalcium. Das erhaltene Kalksalz ist gewöhnlich etwas bräunlich gefärbt. Man löst es deshalb nochmals in Salzsäure, erhitzt das mit Wasser gehörig verdünnte Filtrat zum Sieden und fällt mit Ammoniak. 60 Gramme Natrium geben etwas mehr als 6 Gramme oxalsauren Kalk.

Eine reichlichere Ausbeute erhält man durch längeres Erhitzen von Kaliumamalgam auf die Siedetemperatur des Quecksilbers im anhaltenden Strom von Kohlensäure.

Das auf die eine oder andere Weise gewonnene Kalksalz ist ein schneeweisses Pulver; es erscheint unter dem Mikroskop krystallinisch und verhält sich ganz wie gewöhnlicher oxalsaurer Kalk.

0,966 Grm. desselben, bei 100°C getrocknet, verloren nach mehrstündigem Erhitzen auf 210°C 0,121 Grm. Wasser, einem Verlust von 12,5 Procent entsprechend. Die Verbindung: 2 CaO. C_4O_6 + 2 HO enthält 12,3 Procent Wasser.

0,3446 Grm. der bei 210°C entwässerten Verbindung wurden im Platintiegel $\frac{1}{4}$ Stunde anhaltend durch die Flamme der Glasbläserlampe zum Weissglühen erhitzt. Der zurückbleibende Aetzkalk wog 0,150 Grm. Daraus berechnen sich 43,5 Procent Calciumoxyd. Der wasserfreie oxalsaure Kalk enthält 43,7 Procent Calciumoxyd.

Das aus jenem oxalsauren Kalk dargestellte Ammoniaksalz krystallisirt in schönen Nadeln, das Silbersalz fällt als weisser krystallinischer Niederschlag zu Boden, und verpufft beim Erhitzen genau wie das aus dem Kleesalz bereitete oxalsaure Silber.

Ich habe aus dem Kalksalz auch noch die freie Oxalsäure dargestellt, und die Krystallisation derselben mit der der gewöhnlichen Oxalsäure verglichen. Beide stimmen ebenfalls vollkommen überein.

Die Entstehung des oxalsauren Kalis aus Kalium und Kohlensäure unter den mitgetheilten Bedingungen ist durch die Gleichung: $2 K + 2 C_2O_4 = 2 KO. C_4O_6$ leicht zu interpretiren. Andere Zersetzungsprodukte scheinen hierbei nicht aufzutreten.

Nachtrag von *H. Kolbe*. Die Blätter der Pflanze haben, wie man weiss, die Eigenschaft, unter Mitwirkung des Sonnenlichtes, wahrscheinlich durch ein Zusammenwirken chemischer und physikalischer Kräfte, die Kohlensäure zu reduciren, und sie unter Entwicklung von Sauerstoff in wasserstoffhaltige und kohlenstoffreiche organische Verbindungen überzuführen. Das Freiwerden von Sauerstoff und das gleichzeitige Eintreten von Wasserstoff in die Zusammensetzung der Kohlensäure liess mich vermuthen, dass jener Process in der Pflanze von einer elektrolytischen Action bewirkt oder wenigstens begleitet sei, und dass es gelingen möchte, durch elektrolytisch entbundenen Wasser-

stoff aus der Kohlensäure künstlich ähnliche Verbindungen hervorzubringen, wie die Pflanze aus Kohlensäure erzeugt.

Zahlreiche und mannigfach modificirte in diesem Sinn angestellte Versuche haben bis jetzt nur negative Resultate gegeben; gleichwohl zweifle ich nicht, dass man dahin gelangen wird, das vorgesteckte Ziel wirklich zu erreichen. Ist es doch bereits gelungen, die Kohlensäure durch einfachen Substitutionsprocess direkt in Ameisensäure, wie auch in Salicylsäure und in ihr homologe andere Säuren zu verwandeln. Einen neuen festen Halt gewinnt diese Hoffnung durch *Drechsel's* Beobachtung, dass auch die im Pflanzenreich verbreitete Oxalsäure durch einfachsten Reductionsprocess unmittelbar aus der Kohlensäure hervorgebracht werden kann.

Ich habe Dr. *Drechsel* neuerdings veranlasst, zu prüfen, ob sich mittelst Kalium aus der Kohlensäure kohlenstoffreichere organische Säuren dadurch erzeugen lassen, dass man über erhitztes Kaliumamalgam eine Mischung von Kohlensäure und Aethylen, Amylen oder Benzoldampf u. a. m. leitet. Vorläufige in dieser Weise zunächst mit Aethylen und Kohlensäure angestellte Versuche versprechen günstige interessante Resultate. Ich werde diese Versuche in Gemeinschaft mit Dr. *Drechsel* fortsetzen.

Wilm und **Wischin**, *Ueber Carbanilidsäure.* Vorgelegt von dem w. Mitgliede *H. Kolbe.*

Mit dem rationellen Namen »Carbanilidsäure« ist diejenige Verbindung zu belegen, welche zur Kohlensäure und dem Anilin in der nämlichen Beziehung steht, wie die Carbaminsäure sich zur Kohlensäure und Ammoniak verhält. Wie die im Hydratzustande sehr unbeständige Carbaminsäure im Augenblicke ihrer Abscheidung aus ihren Verbindungen wie auch beim Behandeln ihres Aethers mit starken Basen unter Aufnahme der Elemente von Wasser sofort in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt, in gleicher Weise lässt sich von der analog constituirten Carbanilidsäure erwarten, dass sie unter ähnlichen Verhältnissen sich in Kohlensäure und Anilin zersetzt.

Aus diesem Grunde verdient die früher von *Chancel* beschriebene und Carbanilidsäure genannte Verbindung diesen Namen nicht; dieselbe hat sich zudem nachher mit der Amidobenzoesäure identisch erwiesen.

Da die von *Fritzsche* aus Indigblau dargestellte isomere Anthranilsäure, welche beim Erhitzen mit starker Kalilauge leicht in Kohlensäure und Anilin zersetzt wird, in dieser Hinsicht der Carbaminsäure viel ähnlicher ist, als jene Amidobenzoesäure, so glaubte Prof. *Kolbe* diese Anthranilsäure für die wirkliche Carbanilidsäure ansprechen zu dürfen.

Um den Werth dieser Ansicht zu prüfen, haben wir auf Veranlassung des Prof. *Kolbe* in dessen Laboratorium versucht, die Carbanilidsäure direkt aus Anilin darzustellen, und zwar durch Einwirkung dieser Base auf Chlorkohlensäureäther.

Beide vereinigen sich unter lebhafter Reaction, wenn man das Anilin (2 Aeq.) tropfenweise in den Chlorkohlensäureäther einfliessen lässt. Wird die Mischung zuletzt noch eine Zeitlang im Wasserbade erhitzt, so erstarrt das Ganze zu einer krystallinischen Masse, aus einem Gemenge von chlorwasserstoffsaurem Anilin und Carbanilidsäureäther bestehend. Nachdem man das

chlorwasserstoffsaure Anilin mit salzsäurehaltigem Wasser ausgewaschen hat, wird das ungelöst Gebliebene wieder getrocknet und destillirt. Der Carbanilidsäureäther geht dabei ganz rein als stark lichtbrechende Flüssigkeit über, welche bald zu einer aus feinen Nadeln bestehenden Krystallmasse erstarrt.

Seine Entstehung wird durch folgende Gleichung leicht erklärt; sie vollzieht sich ganz analog der Bildungsweise des Carbaminsäurerätbers aus Chlorkohlensäureäther und Ammoniak:

$$\underbrace{Cl[C_2O_4]O \cdot C_4H_5O}_{\text{Chlorkohlensäureäther.}} + 2\Big(\underbrace{\left.\begin{matrix}C_{12}H_5\\H_2\end{matrix}\right\}N}_{\text{Anilin.}}\Big) = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_{12}H_5\\H\end{matrix}\right\}N[C_2O_4]\,O \cdot C_4H_5O}_{\text{Carbanilidsäureäther.}}$$

$$+ \underbrace{\left.\begin{matrix}C_{12}H_5\\H_3\end{matrix}\right\}NCl}_{\text{chlorwasserstoffs. Anilin.}}$$

$$\underbrace{Cl[C_2O_4]O \cdot C_4H_5O}_{\text{Chlorkohlensäureäther.}} + 2H_3N = \underbrace{H_2N[C_2O_4]O \cdot C_4H_5O}_{\text{Carbaminsäureäther.}} + H_4NCl$$

Jener Carbanilidsäureäther ist in Alkohol und Aether leicht löslich, in kaltem Wasser unlöslich. Auch von siedendem Wasser wird er wenig gelöst. Das Gelöste scheidet sich beim Erkalten in halbzolllangen glänzenden Nadeln ab. Er schmilzt bei 51,5°C., siedet bei 238°C. und lässt sich unverändert destilliren.

Unsere Erwartung, aus diesem Carbanilidsäureäther durch Zersetzen mit verdünnter Kalilauge oder Barytwasser die betreffenden carbanilidsauren Salze zu bekommen, um daraus die freie Säure darzustellen, ist nicht in Erfüllung gegangen. Bei allen diesen vielfältig modificirten Versuchen erfolgte immer eine Spaltung der Carbanilidsäure in Kohlensäure und Anilin, und es ist uns auf keine Weise gelungen, die offenbar sehr unbeständige Carbanilidsäure zu isoliren.

Da die Anthranilsäure anhaltendes Kochen mit nicht zu concentrirter Kalilauge verträgt, ohne sich zu verändern, so glauben wir aus jenen Beobachtungen folgern zu dürfen, dass die Carbanilidsäure in jenem Carbanilidsäureäther mit der Anthranilsäure nicht identisch, sondern nur isomer ist.

Wir kennen demnach bis jetzt vier isomere Säuren theils als Hydrate, theils in Verbindung mit Aether, nämlich die

Amidobenzoesäure, die Paramidobenzoesäure, die Anthranilsäure und die wirkliche Carbanilidsäure.

Wir haben über das chemische Verhalten des Carbanilidsäureäthers noch folgende Beobachtungen gemacht. — Kochende concentrirte Kalilauge bewirkt zuerst wahrscheinlich ebenso wie verdünnte eine Spaltung in Kohlensäure und Anilin, doch wird in jenem Falle letzteres nicht frei, sondern wirkt sogleich auf ein zweites, noch unverändertes Atom des Carbanilidsäureäthers ein unterBildung des bereits von *Hofmann* auf anderem Wege dargestellten Diphenylbarnstoffs von der Zusammensetzung:

$$\left.\begin{matrix}\left.\begin{matrix}(C_2O_2)\,C_{12}H_5 \\ H\end{matrix}\right\}N \\ \begin{matrix}C_{12}H_5 \\ H\end{matrix}\end{matrix}\right\}N$$

Concentrirtes wässriges Ammoniak, mit Carbanilidsäureäther in einer hermetisch verschlossenen Röhre erhitzt, bewirkt erst bei einer Temperatur von 160°—170° eine Zersetzung. Doch entsteht dabei nicht, wie wir erwarteten, Diphenylharnstoff, sondern gewöhnlicher Harnstoff.

Verdünnte Säuren scheinen den Carbanilidsäureäther unverändert zu lassen, auch wenn man das Gemisch in hermetisch verschlossenen Röhren erhitzt. Jodwasserstoffsäure zersetzt den Aether bei 130—140° C unter Bildung von jodwasserstoffsaurem Anilin, Kohlensäure und Jodäthyl.

C. Ludwig und **Alex. Schmidt**, *Das Verhalten der Gase, welche mit dem Blut durch den reizbaren Säugethiermuskel strömen.* Aus dem physiologischen Institut.

Die Beziehung des Muskels zu dem Sauerstoff und der Kohlensäure hat man auf verschiedenen Wegen genauer darzustellen versucht. Das scheinbar zugänglichste Mittel schien vielen Beobachtern darin zu bestehen, dass sie die Gasvolumina ausmassen, welche in der Athmung des gesammten Körpers verkehren. Hierdurch können jedoch nur beschränkte und, soweit es sich um das Leben des Muskels handelt, nur unsichere Aufschlüsse gewonnen werden. Beschränkt sind die Ergebnisse darum, weil auf diesem Wege nur aus dem Unterschiede in der Gasbewegung und eines ruhenden oder in Muskelbewegung begriffenen Thieres zu schliessen ist, welchen Zuwachs der Gasaustausch durch die Muskelthätigkeit gewonnen hat. Dieses Resultat kann allerdings mit Sicherheit festgestellt werden.

So werthvoll dasselbe für die Beurtheilung des gesammten Stoffwechsels werden mag, so wenig leistet es für die Erkenntniss derjenigen Oxydationen, durch welche sich der ruhende von dem zuckenden Muskel unterscheidet. Wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, annimmt, dass der Unterschied in Gewinn und Verlust von Kohlensäure und Sauerstoff den Zuckungen der Muskeln allein zugeschrieben werden müsse, so geschieht dieses mittelst der unbewiesenen Unterstellung, dass indess die Athmungsvorgänge in den Gefässprovinzen ausserhalb der Muskeln durchaus unverändert geblieben seien. Wenn aber, wie sich zeigen wird, dieses nicht der Fall ist, so lehren die Differenzbestimmungen des gesammten Gasaustausches während der Ruhe und der Bewegungen der Muskeln wenig oder nichts über den Antheil, den die Vorgänge innerhalb des Muskels selbst an dem vermehrten Gasaustausche nehmen.

Dem letztgenannten Ziele nähern sich, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte, die Resultate einer anderen Methode. Wir meinen damit diejenige, welche unmittelbar das Blut auffängt, welches zu und von den ruhenden oder bewegten Muskeln eines lebenden Thieres strömt. Bei Anwendung dieses Verfahrens wird allerdings das gewonnene Resultat unabhängig von den Störungen, die möglicherweise durch andere Organe eingeführt werden können, es bleibt dagegen behaftet mit denjenigen Unsicherheiten, die aus dem veränderlichen Blutstrom innerhalb der Muskeln selbst erwachsen; von diesen kann es auch nicht unabhängig gemacht werden, weil es unmöglich ist am lebenden Thier den Blutstrom nach Belieben zu regeln. Den Erfahrungen entsprechend, welche in dieser Abhandlung zur Sprache kommen, können wir den Beobachtungen, die auf diese Weise gewonnen sind, einen nur qualitativen Werth zusprechen. Diese Bemerkung soll natürlich die Bedeutung der Resultate, die aus der Untersuchung des lebenden Muskelblutes gewonnen sind, nicht herabsetzen. Wer könnte die Wichtigkeit der von *Setschenow* gefundenen Thatsache bestreiten, dass ein Muskel, welcher von O-freiem Blut durchströmt wird, noch zu lebhaften Zuckungen veranlasst werden kann, oder der von *Sczelkow* beobachteten Erscheinungen, dass der zuckende Muskel einen viel umfänglichern Gasumtausch einleitet als der ruhende, oder endlich die Erfahrung von *A. Schmidt* unterschätzen, dass das O-freie Blut aus dem zuckenden Muskel grössere Quantitäten eines im Blut selbst oxydirbaren Stoffes hinwegführt als aus dem ruhenden?

Die Einwände, welche man aus diesem oder jenem Grunde gegen die bisher erwähnten Beobachtungsmittel erheben kann, dürften Veranlassung gewesen sein, dass man zur Lösung unseres Problems noch den dritten Weg eingeschlagen, auf welchem das Verhalten des isolirten Muskels als Verzehrer und Bildner von O und CO_2 ermittelt werden könnte. Diese Methode, welche zuerst von *du Bois* nach ihrer ganzen Bedeutung gewürdigt wurde, hat *G. v. Liebig, Valentin, Matteucci* und *L. Hermann* in der That zu sehr bedeutungsvollen Resultaten geführt, namentlich hat *L. Hermann* bei seinen Untersuchungen über den Gaswechsel in den Muskeln auf eine grosse Zahl sehr wichtiger Thatsachen hingewiesen, von denen wir hier eine Uebersicht nach den eigenen Worten des Verfassers geben.

Die erste Reihe der Resultate *Hermanns*, welche sich auf die Gase bezieht, die man aus dem blutfreien Muskel erhalten kann, lautet folgendermassen.

»Ausgeschnittene, möglichst unveränderte Froschmuskeln enthalten keinen auspumpbaren O —, sie enthalten kleine vermuthlich einfach absorbirte Mengen N —, sie enthalten geringe Mengen freier und festgebundener CO_2, letztere wahrscheinlich nicht dem Muskelinhalt angehörig. — Durch das allmählige oder plötzliche Erstarren wird eine bedeutende Menge frei auftretenden CO_2 im Muskel gebildet, — dasselbe geschieht beim Tetanus des Muskels. — Die durch den Tetanus gebildete CO_2 erreicht nicht die bei gleichen Muskeln durch die Starre producirbaren Mengen. — Tritt nach dem Tetanus die Starre ein, so wird hierbei in Vergleich zur directen Erstarrung um so viel weniger CO_2 gebildet als während des Tetanus bereits entstanden ist. — Bei der Fäulniss tritt in dem Muskel eine neue Gasentwickelung ein, hauptsächlich von CO_2 und N in bestimmtem, aber im Laufe des Prozesses sich änderndem Mengenverhältniss.«

Aus einer andern Reihe von Beobachtungen über den Gaswechsel ausgeschnittener Froschmuskeln in O-haltigen Gasgemengen zieht *L. Hermann* folgende Schlüsse. »Die Sauerstoffaufnahme ausgeschnittener entbluteter Froschmuskeln beruht auf einer sofort nach der Entfernung aus dem Körper beginnenden Zersetzung der Oberfläche und namentlich etwa freiliegender Querschnitte des Muskels. Sie nimmt mit dem Vorschreiten der Fäulniss zu. Eine mit den Lebensprozessen des Muskels zusammenhängende O-Verzehrung lässt sich nicht nachweisen; wenn sie vorhanden ist, so kann sie nur verschwindend klein sein.

»Jene Sauerstoffaufnahme wird durch Bewegungen des Muskels in der umgebenden Luft, wodurch er stets mit neuen Schichten derselben in Berührung kommt, vergrössert; eine mit dem Contractionsvorgange zusammenhängende Vermehrung der O-Aufnahme ist nicht nachzuweisen und kann, wenn sie vorhanden ist, nur verschwindend klein sein. — Die CO_2 Abgabe des ausgeschnittenen Muskels rührt zum Theil von den Zersetzungsprozessen seiner Oberfläche, zum Theil aber von der Ausscheidung physiologisch gebildeter CO_2 her; der letztere Antheil wird erst dann nachweisbar, wenn durch Starre oder Contraction eine vermehrte Bildung von CO_2 im Muskel erfolgt.«



Ueber den Einfluss, den die umgebende Atmosphäre auf die Erregbarkeit des ausgeschnittenen Muskels ausübt, theilt *L. Hermann* Folgendes mit. »Die Gegenwart von O vermag das Absterben ausgeschnittener Muskeln etwas hinaus zu schieben. — Diese Wirkung des O ist nicht nachweisbar, wenn die Muskeln anhaltend in Thätigkeit erhalten werden. — Gleichzeitig existirt eine den Tod beschleunigende Wirkung des O durch Zerstörung der oberflächlichen Schicht. Bei dünnen Muskeln überwiegt diese zerstörende Wirkung über die erhaltende. — H, N, NO, CO sind für den Muskel indifferente Gase. CO_2 wirkt auf ihn wie jede Säure.«

Mit diesen Erfahrungen kann das, was uns vom Gasleben des Muskels zu wissen nothwendig ist, offenbar noch nicht abgeschlossen sein: dafür spricht der Umstand, dass die Erfahrungen, die an lebendigem Muskelblut gewonnen sind, nach mehreren Richtungen hin von den durch *Hermann* ermittelten abweichen. Abgesehen hiervon betreffen die Beobachtungen einen Muskel, der im Absterben begriffen und insbesondere einen solchen, der seines normalen Tauschmittels für die Gase entbehrt.

In Anbetracht dessen schien es uns zweckmässig ein neues Verfahren zur Lösung der Aufgabe zu versuchen. Das Princip desselben bestand darin, einen künstlichen Strom frischen, faserstofffreien Blutes durch den eben ausgeschnittenen Muskel zu leiten, diesen letztern hierdurch lebendig zu erhalten und die Veränderungen zu untersuchen, welche das Blut während seines Durchganges durch den Muskel erfährt.

Die Möglichkeit dieses Verfahren erfolgreich anzuwenden setzt die Erfüllung zweier Vorbedingungen voraus. Die erste verlangt, dass der Blutstrom durch den Muskel isolirt und namentlich ohne Blutung zu erzeugen geführt werden könne, die andere aber, dass sich unter dem Einfluss des künstlichen Blutstroms die Lebenseigenschaften der Muskelsubstanz erhalten.

Als eine Muskelmasse, die sich der Regelung des Blutstroms wegen von vorn herein als zweckmässig empfahl, stellte sich uns das Herz dar. Wir griffen um so hoffnungsvoller zu ihm, als durch andere schon früher im hiesigen Laboratorium angestellte Versuche erwiesen war, dass sich das Froschherz unter dem Einfluss von Blut und Serum sehr lange schlagfähig erhält. Aber schon wenige Versuche belehrten uns, dass das

Herz ein für unsere Zwecke unbrauchbares Object sei. Dieses Organ ist von einer ungemeinen Empfindlichkeit gegen jede Unregelmässigkeit im Blutstrom. Wenn infolge dieser letzteren eine Stockung eintritt, so bilden sich sogleich Extravasate, die Lymphgefässe füllen sich mit Blutkörperchen und alsbald wird die durchströmte Muskelmasse starr. Der unmittelbar schädliche Einfluss des Stroms tritt besonders deutlich hervor, wenn man denselben nur durch eine der beiden Kranzarterien führt. Hier sieht man in der Regel schon in der vom Blut durchspülten Herzabtheilung die Starre eintreten, während die andern nicht durchströmten Abtheilungen noch pulsiren. Wir haben diesen Erfolg gesehen eben so wohl wenn wir durch das Herz des Hundes Rinder-, oder Hundeblut führten, mochte dieses auf 20° C. oder auf 36° bis 40° C erwärmt sein.

Wir standen desshalb von der Benutzung des Herzens ab und wendeten uns zu den mm. biceps und semitendinosus des Hundes, zwei Muskeln, an welchen sich der Blutstrom, wie wir indess gefunden, noch viel bequemer beherrschen liess als am Herzen.

1. Verbindung der Arterien und Venen mit dem künstlichen Blutstrom. — In den m. biceps treten drei bis vier Arterienäste ein. Von oben her, unmittelbar neben seinem Ursprung am Sitzbeinhöcker dringt ein starker Zweig aus der a. hypogastrica in ihn; ein Theil desselben versorgt auch die Abtheilung des m. semitendinosus, welche oberhalb seiner inscriptio tendinea gelegen ist. Aus der a. cruralis, nachdem sie auf die Hinterfläche des Oberschenkels gelangt ist, entspringen 3 bis 4 Aeste für den m. biceps, welche von unten her in den genannten Muskel eindringen. Diese Aeste gehen nicht unmittelbar aus dem Stamm der a. cruralis hervor, sondern aus einem grossen Zweig, den sie quer durch die Kniekehle sendet. Aus dieser Kniekehlenarterie entsteht ferner der Ast, welcher die unterhalb der Inscription gelegene Abtheilung des m. semitendinosus versorgt und ausserdem mehrere andere für die in der Nähe angehefteten Muskeln des Ober- und Unterschenkels. Neben jedem der aufgezählten arteriellen Zweige läuft ein entsprechender venöser.

Die Vertheilung der Arterien in diesem, vielleicht in allen übrigen Muskeln bietet eine bisher noch nicht beachtete Eigenthümlichkeit. Sobald ein Arterienstämmchen zwischen die

Bündel des Muskels selbst eingetreten ist, vertheilt sie sich ausschliesslich in einer ganz bestimmten Abtheilung des Muskels, ohne Verbindungszweige zu den benachbarten Gefässen abzugeben. Dieses Verhalten legt sich sehr klar bloss, wenn man einen beliebigen der aufgezählten Zweige mit farbigen, leichtflüssigen Massen ausspritzt; man erhält hierdurch jedesmal nur eine ganz beschränkte Injection, wie lange und unter welchem Druck man auch den Strom zuführen mag. Ebenso fliesst das Blut oder jede andere der eingespritzten Massen nur durch die der injicirten Arterie entsprechende Vene ab, vorausgesetzt dass dem Fliessen aus der Vene kein Hinderniss entgegengestellt wird. Unterbindet man dagegen die Vene, welche bis dahin den einzigen Abflussweg darstellte, so entwickelt sich nun auch ein Strom in den andern Venen desselben Muskels und zwar darum, weil durch Netze kleiner Venen, welche die Muskelbündel sowohl wie die Fascie des Gesammtmuskels umspinnen, eine Verbindung zwischen den verschiedenen grössern Venenstämmen hergestellt ist. Wir unterlassen es Zeichnungen und weitere Beschreibung von den Muskeln und ihren Gefässen zu geben, da diese doch nur für den Leser von Bedeutung sein könnten, welcher unsere Versuche wiederholen wollte. Jeder aber der dies beabsichtigt, wird ohnedies gezwungen sein, sich an einem Präparat zu orientiren, wobei er die anatomischen Verhältnisse auch ohne fremde Anleitung leicht übersehen wird.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen über den Gefässverlauf gehen selbstverständlich die Regeln hervor, nach denen man bei der Einleitung des künstlichen Blutstroms zu verfahren hat. Sowie man die Absicht hat, die gesammte Masse beider Muskeln zum Versuch zu benutzen, muss man mindestens zwei Arteriencanülen einbinden: die eine in den Zweig der a. hypogastrica, die andere in den Kniekehlenast der a. cruralis. Nachdem dies geschehen, muss man sorgfältig alle Zweige zubinden, die aus den genannten Aesten zu den anliegenden Gebilden abgehen. In dieser Beziehung bietet die obere Arterie geringe Schwierigkeiten, da sie unmittelbar vor ihrem Eintritt in die mm. biceps und semitendinosus nur zum m. ischiadicus und in das umliegende Bindegewebe Zweige schickt. Wünscht man den Strom auf den m. biceps zu beschränken, so wird es nöthig auch noch den Zweig für den obern Theil des m. semitendinosus zu unterbinden, wobei man jedoch

zu beobachten hat, dass häufig, wenn nicht immer ein schmaler Abschnitt des Randes, welchen der m. biceps dem m. semitendinosus zukehrt, von einem Aestchen der Arterie versorgt wird, die in den letztgenannten Muskel eingeht.

Grössere Schwierigkeit bietet die Behandlung der Zweige, welche von der Kniekehle her in die Muskeln übergehen. Um die Zahl der künstlichen Zuflüsse nicht unnöthig zu mehren, haben wir von unten her nur eine Cantüle eingebunden und zwar in die Ursprungsstelle des Kniekehlenastes. Nachdem diese festsitzt, wird es nöthig die zahlreichen grösseren und kleineren Zweige zu unterbinden, welche die von Fett und einer Lymphdrüse umgebene Arterie nach verschiedenen Seiten hin ausschickt. Wir fanden es zweckmässig, diese oft mühsame Unterbindung vorzunehmen solange der Muskel und die Arterie sich noch in ihrer natürlichen Lage befanden, so dass sich die kleinen Zweige bequem spannen liessen, während man mit einem stumpfen Instrument den Stamm der Arterie isolirte.

Gerade so wie mit den Arterien ward auch mit den Venen verfahren, das heisst wir setzten nur zwei Venencantülen ein. Auf die Art, wie je zwei gleichnamige Gefässe mit einander verbunden und wie jede der gemeinsamen Röhren weiter behandelt wurden, kommen wir sogleich zurück.

Nachdem die Cantülen eingesetzt und die schädlichen Zweige unterbunden waren, lösten wir die Muskeln vom Schenkel ab, wobei wir uns mit dem Messer sorgfältig nur in den Fascialgebilden hielten. Waren sie vom Oberschenkel losgelöst, so dass sie nur noch durch ihren Ursprung am Sitzbeinhöcker mit den übrigen Körpern in Verbindung standen, so sägten wir den Sitzbeinhöcker aus, so dass dieser mit den herausgenommenen Muskeln verbunden blieb. War dieses geschehen, so unterbanden wir die grössern der Venenzweige, welche aus der Fläche des m. biceps hervorgehen, die er der Haut zuwendet, und betupften mit concentrirtem Eisenchlorid den Sägeschnitt des Knochens oder bedeckten den letztern mit einem Streifen Fliesspapiers, das mit Eisenchlorid getränkt war.

Alsdann setzten wir an jede Arteriencantüle ein biegsames schwarzes Kautschukrohr, führten beide an zwei Zinken einer hohlen Glasgabel, den dritten Zinken der letzteren verbanden wir durch ein schwarzes Kautschukrohr mit der Glasflasche, welche das defibrinirte O-reiche Blut des Hundes enthielt. Auf

dieselbe Weise leiteten wir auch die beiden Venen in ein Rohr zusammen.

Durch den Muskel, der mit seiner der Haut zugewendeten Fläche auf einer starken Glasplatte lag, leiteten wir jetzt defibrinirtes Blut hindurch, theils in der Absicht, um das Blut, welches noch vom lebenden Zustand her in den Gefässen war, zu entfernen, weil dieses sonst Veranlassung zur Verstopfung gegeben hätte, wenn es später geronnen wäre, theils aber in der Absicht, um die Stellung zu ermitteln, welche den Canülen gegeben werden musste, um den Strom des Blutes möglichst unbehindert aus- und eintreten zu lassen; endlich aber führten wir auch darum das Blut vorläufig durch den Muskel, um zu erfahren, ob die Unterbindung der Nebenzweige nach Wunsch gelungen war, oder, wenn dies nicht der Fall gewesen, um die noch eintretende Blutung zu stillen. Um sicher zu sein, dass während des Versuches kein neuer schädlicher Nebenweg dem Blut eröffnet werde, verschlossen wir zeitweilig das Rohr, in welches die Venen ausmündeten und brachten auch vorübergehend bei offener Venenmündung den Druck in der Quecksilberflasche auf eine Höhe, welche die voraussichtlich während des Versuchs nothwendige überstieg. Es ist immer gerathen, auf diesen Theil der Vorbereitung die höchste Sorgfalt zu verwenden; mit dieser gelingt es nun auch, die Blutung so weit auszuschliessen, dass man später viele Stunden hindurch das Blut in den Muskel leiten kann, ohne dass mehr als ein paar Tropfen desselben auf der Oberfläche zum Vorschein kommen, deren Gesammtsumme ungünstigen Falls einige CbC. beträgt. Wir haben nur die Versuche zur Gasanalyse herangezogen, beziehungsweise bei der Ziehung unserer Resultate benutzt, bei welchen die Blutung noch nicht 1 Procent der Blutmasse ausmachte, welche während der ganzen Versuchsdauer durch den Muskel geflossen war. — So günstige Resultate kann man indess nur dann erwarten, wenn der Muskel mit seiner der Haut zugekehrten Fläche auf einer Glasplatte ruht, so dass er durch seine Schwere die oft zahlreichen und kurz abgeschnittenen Venenästchen zusammendrückt, die von der genannten Fläche zum Unterhautbindegewebe hinlaufen. Wenn der Sitzknorren in eine Klemme eingespannt wird und von ihm der Muskel senkrecht herabhängt, so bluten sehr häufig die Verbindungsästchen zwischen Muskel- und Hautvenen. Diese

Aestchen können so zahlreich und so klein sein, dass es kaum möglich ist, durch Unterbindung der Blutung abzuhelfen. Verschiedene andere Mittel, durch die wir die Oeffnungen zu verkleben trachteten, haben uns ebenfalls in einzelnen Fällen im Stiche gelassen.

2. Vorbereitung des Blutes. Wie wir immer nur die Muskeln, so haben wir auch nur das Blut und zwar das defibrinirte des Hundes verwendet. — Das zum Durchleiten bestimmte Blut war entweder durch Schütteln mit atmosphärischer Luft arteriell gemacht, oder dieses war mit Eisen reducirt, oder es war Blut des erstickten Thieres. Zuweilen ward auch dem reducirten oder dem Erstickungsblute noch nachträglich O zugesetzt.

Wenn arterielles Blut zur Verwendung kommen sollte, so wurde dem Thier, dessen Muskeln wir gebrauchen wollten, aus der a. carotis so lange Blut entzogen, bis es dem Tode nahe war. Dieses Blut wurde geschlagen, sorgfältig durch Leinwand filtrirt und in die Glasflasche gebracht, aus welcher der künstliche Strom hervorgehen sollte. Die noch in der Flasche verbleibende Luft wurde durch Quecksilber verdrängt, das durch die untere Tubulatur eingelassen wurde. Die obere Oeffnung der Flasche war mit einem durchbohrten Kautschukpfropf verschlossen. In seiner Bohrung sass ein kurzes, jenseits des Pfropfens rechtwinklig gebogenes Glasröhrchen; über dieses war ein schwarzes Kautschukrohr gesteckt, in dessen freies Ende abermals ein kurzes Glasröhrchen eingebunden war. Durch das Quecksilber, welches vom Boden der Flasche her einfloss, wurde nicht allein die Luft aus dieser letztern, sondern auch aus dem Röhrchen verdrängt und dann dieses mit einer Klemme verschlossen. Aus dem Inhalt dieser Flasche wurde nicht allein der Muskel gespeist, sondern es wurden auch aus ihm die Blutproben genommen, welche zum Vergleich mit dem durch den Muskel geflossenen entgast wurden.

Zur Reduction des Blutes verwendeten wir nach dem Vorgange von *Rollet* Eisen. Wir vermieden jedoch die Anwendung von Limatura, nachdem wir uns überzeugt hatten, wie langsam sich die letzten Spuren dieses Präparats aus dem Blute absetzen; statt ihrer benutzten wir feinsten Eisendraht, der zu etwa Millimeter langen Stücken zerschnitten war. Das Blut, welches reducirt werden sollte, liessen wir aus der Arterie in ein geräumiges, ursprünglich mit Quecksilber gefülltes Glasrohr

fliessen, so dass das Blut, welches in die obere verengte Mündung des Rohrs eindrang, den Platz einnahm, welchen das aus dem untern Halse des Rohres ausfliessende Quecksilber frei machte. Die Drahtstückchen waren schon vor dem Eintreten des Bluts in das Glasrohr gebracht. Nachdem das Rohr mit Blut nahezu gefüllt war, wurden die beiden Oeffnungen desselben luftdicht verschlossen und das Rohr so lange aufrecht hingestellt, bis sich die Luftbläschen, welche zwischen den Eisenstückchen verblieben waren, auf die Oberfläche des Blutes begeben hatten, alsdann wurden sie von unten her durch Quecksilber verdrängt und die Kautschuke an den beiden Röhrenenden von Neuem luftdicht verschlossen. Hierauf wurde die Mischung aus Blut, Quecksilber und Eisen anhaltend geschüttelt, bis auch in hellstem Licht das Blut eine schwarzrothe Farbe angenommen hatte. — Die Veränderung, welche das so behandelte Blut erlitten hat, besteht, wie schon *Rollet* bemerkte, nicht blos in einer Reduction, sondern auch in der Auflösung eines merklichen Theils seiner Körperchen. Diese Auflösung schreiben wir jedoch nicht dem Schütteln zu, weil wir sie vermissten, wenn wir das Blut auch noch so heftig ohne den reducirenden Stoff mit Quecksilber geschüttelt hatten. Die an dem rothgefärbten Serum kenntliche Auflösung der Blutkörperchen trat dagegen ein, wenn wir das Blut mit Ferrum Hydrogenio reductum entsauerstofften. Die grosse Wirksamkeit, welche dieses Präparat an und für sich schon besitzt, kann man noch dadurch bedeutend erhöhen, dass man es luftfrei mit dem Blute in Berührung bringt, indem man es z. B. unter Wasser erhitzt und nach dem Abkühlen feucht anwendet. Das auf diese Weise behandelte Eisen reducirt die Blutkörperchen äusserst rasch, so dass man relativ grosse Mengen dieser letztern zu entsauerstoffen vermag, ohne zum Schütteln greifen zu müssen. Hat man auf diese Weise das Blut von seinem Sauerstoff befreit, so ist ebenfalls ein grosser Theil der Körperchen aufgelöst. Die Röthung des Serums bleibt dagegen aus, wenn man den Sauerstoff nicht vollständig entzogen hat, sondern etwa nur so weit, dass das Blut an Farbe einem stark venösen gleicht. Diese Befunde scheinen zu beweisen, dass die Auflösung der Körperchen durch die Entziehung des O bedingt werde, eine Erscheinung, wie sie auch bei andern Methoden der O-Entziehung eintritt.

Wir hegen ausserdem die Vermuthung, dass das Eisenoxydul, welches sich bei der Reduction des Blutes bildet, dem letztern CO_2 entziehe, diese Annahme stützen wir auf das Ergebniss einer Analyse der Blutgase, wonach das ursprüngliche Blut 21,95 Prc., das mit Eisen reducirte 19,41 Proc. CO_2 enthielt. Dieser Gegenstand erfordert jedoch noch weitere Untersuchung. — Wenn der Muskel hintereinander von zwei Blutsorten durchströmt werden sollte, die sich nur durch ihren Gehalt an O unterscheiden, so wurde ein Theil des reducirten Blutes unter sorgfältigem Abschluss der Luft in eine andere Flasche gefüllt und ihm dort so viel reiner Sauerstoffgehalt zugemessen, dass dieser vollständig von dem Blute absorbirt werden konnte.

Aus nahe liegenden Gründen schien es wünschenswerth, den Muskel auch dem Einfluss von Erstickungsblut auszusetzen. Um dasselbe zu gewinnen, fingen wir auf bekannte Weise das Blut eines erstickten Hundes auf. Um uns nun davon zu überzeugen, ob die eigenthümlichen Wirkungen des Erstickungsblutes von den leicht oxydirbaren Stoffen herrührten, die es, wie wir neulich zeigten, enthält, oder nur von seinem Mangel an O bedingt seien, fügten wir einem Theile des gewonnenen Erstickungsblutes so viel reinen O's zu, dass dasselbe deutlich arteriell wurde. Nachdem hierdurch die leicht oxydablen Stoffe zerstört waren, reducirten wir das Blut mit Eisen. Das ursprüngliche Erstickungsblut und das besauerstoffte und nachträglich wieder reducirte unterschieden sich jetzt allerdings dadurch, dass dem letztern die leicht oxydablen Stoffe fehlten, welche das erstere besass; aber dieses war nicht die einzige Differenz, denn das nach vorgängiger Oxygenirung wieder reducirte Blut besass möglicherweise einen höheren Kohlensäuregehalt als das Erstickungsblut, aus dem es dargestellt war.

3. Regelung des Blutstroms. Nach unsern Erfahrungen kann die Geschwindigkeit des Blutstroms durch den ausgeschnittenen Muskel nur dadurch geregelt werden, dass man den Druck an der arteriellen Stromseite erhöht oder erniedrigt. An der Venenmündung muss der Druck möglichst constant bleiben. In unsern Versuchen schwankte er von 2 mm. über bis 2 mm. unter Null; bald erwies sich dieser und bald jener Druck geeigneter, um den Abfluss zu beschleunigen. — Eine grössere Erhöhung des Drucks als die angegebene bedingt eine Stauung des Stromes in den leicht erweitbaren Venen und in Folge

dessen zuweilen venöse Blutungen. Ein stärker verminderter Druck als der bezeichnete erzeugt dagegen durch Ansaugen der Wand einen Verschluss der Venen, da in ihnen das Blut aus den Capillaren her mit sehr geringer Spannung anlangt.

Die beistehenden Holzschnitte mögen den Apparat erläutern, dessen wir uns zum Einleiten und Auffangen des Blutes bedienten.

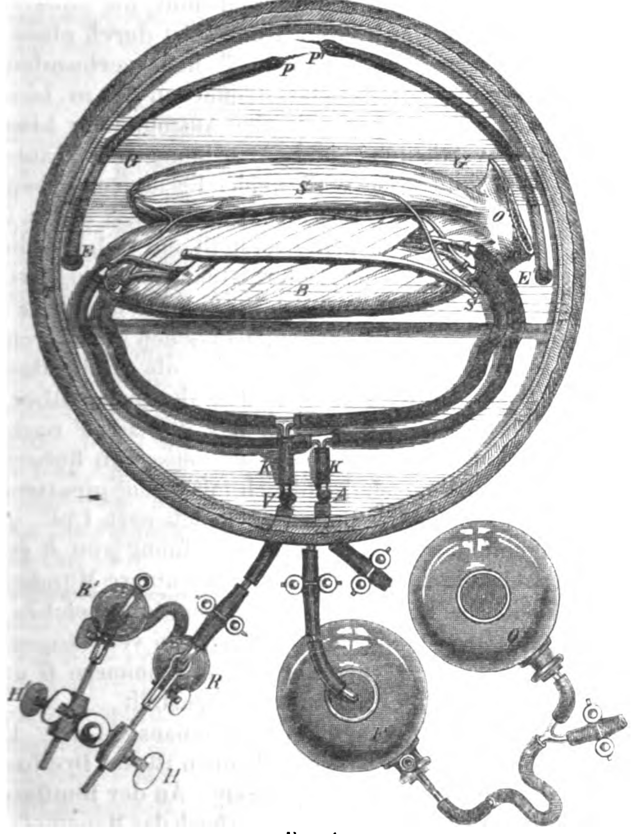


Fig. 1.

Figur 1 giebt die Ansicht des Apparates von oben. *TT* stellt einen Glasteller dar, dessen oberer Rand abgeschlossen und mit einer Spiegelplatte bedeckt ist. Der Verschluss zwischen

beiden ist luftdicht, wenn der Rand des Glastellers mit Talg bestrichen wird. Durch den Boden des Tellers sind vier Löcher gebohrt, in zwei derselben *E E* sind zwei übersponnene Drähte eingelackt; durch diese können elektrische Ströme von aussen zu den beiden Platindrähten *P P* geleitet werden, die durch die Leitungsschnüre von *E* zu *P* gelangen. Die beiden andern Oeffnungen *A* und *V* werden durch zwei Glasröhren ausgefüllt, welche gleich oberhalb des Tellerbodens rechtwinklig umgebogen sind, die eine von ihnen *A* leitet das arterielle Blut, die andere *V* das venöse. Jede der beiden Röhren *A* und *V* ist durch einen Kautschukschlauch *K* und *K'* mit einem *T*-Rohr verbunden, wodurch die obern und untern Gefässstämmchen des m. biceps (*B*) und semitendinosus (*S*) gegen je eine Ausmündung hingeleitet werden. Die Vertheilung und Anordnung der Kautschukschläuche und Blutgefässe wird keiner Erläuterung bedürfen, es sei hier nur noch bemerkt, dass O das os ischii, *S'* der n. ischiadicus ist, *G G* aber eine Glasplatte vorstellt, auf welcher die Muskeln ruhen. Ausserhalb des Tellers stehen auf der Arterienseite zwei grössere, über ihrem Boden tubulirte Flaschen *F* und *Q*. Die unteren Tubulaturen dieser beiden Flaschen sind durch einen Kautschukschlauch verbunden. Aus der obern Mündung der Blutflasche *F* geht ein Rohr zu *A*, so dass das Quecksilber, welches in der Flasche *Q* enthalten ist, das Blut aus *F* nach *A* hin verdrängen kann. *) Die Mündung des äusseren Röhrchens *V* steht durch einen Kautschukschlauch mit einem pipettenförmigen Gefäss *R R*, dessen cylindrischer Bauch nach CbC. getheilt ist, in Verbindung. Aus der untern Oeffnung von *R* geht ein längerer Kautschukschlauch ab, der in die untere Mündung des Gefässes *R'* übergeht, so dass das venöse Blut, welches von *V* herkommt, das Quecksilber aus *R* nach *R'* hin verdrängen kann. Die Gefässe *R* und *R'* werden durch zwei Klammern *H* und *H'*, die von demselben Halter ausgehen, festgestellt.

Fig. 2 stellt den Apparat in der Seitenansicht dar. Um die Zeichnung durchsichtiger halten zu können ist der Dreifuss, auf welchem der Teller ruht, weggelassen. An der Blutflasche *F*, welche in Fig. 2 dargestellt ist, sieht man noch das Manometer *M M*, an dessen Millimetertheilung der Druck des *Hg* abgelesen werden

*) Die aus den Glasgabeln bei *A* und *Q* hervorgehenden, mit Klemmen zugeschnürten Kautschuke deuten an, wie man ausser *F* gleichzeitig noch eine andre Blutflasche zwischen *Q* und *A* einschalten könne.

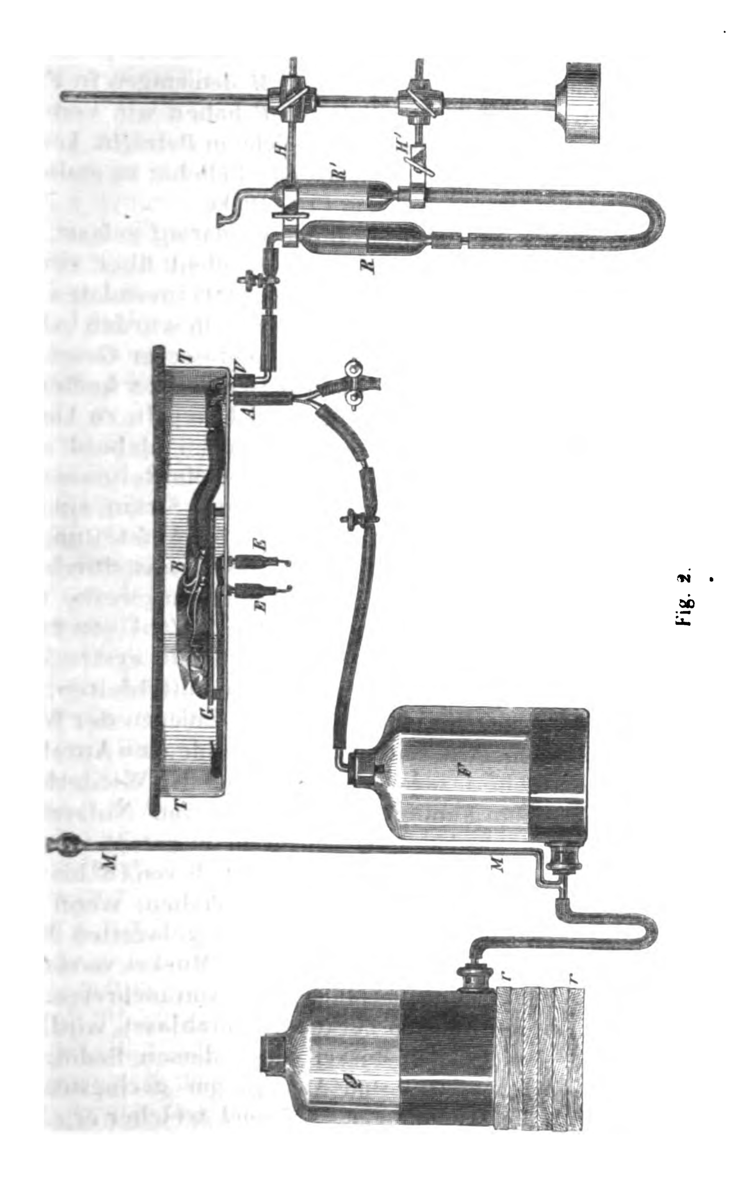


Fig. 2.

kann, welchem das Blut in der Flasche ausgesetzt ist. Der für den Strom wirksame Druck wird selbstverständlich gefunden, wenn man von dem Stand des *Hg* in *M M* denjenigen in *F* abzieht. Den Gegendruck des Blutes in *F* haben wir vernachlässigt, weil er als zu unbedeutend nicht in Betracht kommt. Unter dem Boden der Flasche *Q* liegen eine beliebig zu ändernde Anzahl Brettchen *r r* von je einem Ctm. Dicke.

Bei Eröffnung der Versuche waren wir darauf gefasst, dass wir die Geschwindigkeit des Blutstromes nicht über ein gewisses Maass hinaus steigern dürften, ohne Transsudaten oder Extravasaten zu begegnen, die eingetreten sein würden in Folge des hohen Drucks, welcher zur Einleitung grösserer Geschwindigkeiten nothwendig ist. Unterhalb dieser Grenze hofften wir dagegen den Strom mittelst des Drucks leicht regeln zu können. Hierin hatten wir uns jedoch getäuscht; denn alsbald zeigte sich, dass die veränderlichen Zustände der Muskelmasse und des Blutes mindestens so einflussreich auf den Strom sind, als die Aenderungen des arteriellen Drucks. Zur Aufstellung allgemein gültiger Regeln für die Leitung des Stroms durch ausgeschnittene Muskeln genügt unsere Beobachtungsreihe nicht. Obwohl sie sich über die nicht unbeträchtliche Zahl von 22 Mm. biceps und semitendinosus verschiedener Hunde erstreckt, so war doch die Absicht, in der wir den Strom unterhielten, nicht geeignet, um uns des Genauern über die Variationen der Widerstände zu belehren. Wir sind jedoch im Stande eine Anzahl von Vorsichtsmassregeln anzugeben, welche bei der Wiederholung ähnlicher Versuche künftigen Beobachtern von Nutzen sein dürften. Was von uns hier über den Strom ausgesagt wird, gilt für eine Temperatur des Blutes und des Muskels von 18° bis 20° C.

Am besten lässt sich der Strom handhaben, wenn arterielles Blut durch den ruhenden horizontal gelagerten Muskel fliesst; unter »ruhend« wird hier auch der Muskel verstanden, welcher während einer Beobachtungsdauer von mehreren Stunden nur zu einigen wenigen Zuckungen veranlasst wird. Die Widerstände, welche der Muskel unter diesen Bedingungen dem Strom entgegensetzt, sind Anfangs am geringsten. Sie wachsen wenn die Zeit zunimmt, während welcher er aus seiner natürlichen Verbindung gelöst war. Ein Druck von bestimmter Höhe, der in den ersten 30 bis 60 Minuten ein bestimmtes Volum Blut in der Zeiteinheit durch den Muskel treibt, muss in

der dritten und vierten Stunde des Versuchs oft verdoppelt werden, wenn er auch jetzt wieder die ursprüngliche Menge von Blut durchführen sollte. — Daraus ist die Regel zu entnehmen, dass durch einen m. biceps von 150 bis 200 Gr. Gew. der Strom im Anfang nur mit einem Druck von 40 bis 60 mm. *Hg* zu beginnen hat. Dieser Druck lieferte uns in der Minute zwischen 2,5 bis 3,0 CbC. Blut; man kann dann sicher sein, dass bei dem Druck von 100 bis 150 mm. *Hg* auch noch nach vier Stunden diese Menge durchzutreiben ist. Die Anwendung niederer Drücke gewährt nächstdem den Vortheil, Blutungen aus feinen, schwer oder gar nicht zu unterbindenden Nebenwegen hintanzuhalten. — Insbesondere glauben wir auch vor vorübergehenden, einige Minuten andauernden Druckerhöhungen warnen zu müssen. Ein hoher Druck pflegt in der Regel den Widerstand im Muskel dauernd zu erhöhen.

Die so eben gemachte Mittheilung über das allmähliche Anwachsen des Widerstandes darf jedoch nicht so verstanden werden, als ob dieses gleichmässig mit der wachsenden Zeit geschähe; dieses ist keineswegs der Fall. Der Widerstand wächst zwar im Allgemeinen, aber er thut dieses in sehr unregelmässiger Weise, indem er, ohne dass sich ein Grund dafür angeben liesse, bald auf- und bald absteigt. Diese Eigenschaft zwingt den Beobachter zu einer stetigen Aufmerksamkeit, wenn er auch nur annähernd selbst während der Zeit von wenigen Minuten die Geschwindigkeit gleichmässig erhalten will.

Aehnlich wie ein Muskel, der fortwährend vom arteriellen Blut durchströmt wird, verhält sich auch ein solcher, dessen Strom, nachdem er durch Zeiträume von 1 bis 1½ Stunde unterbrochen war, wieder eingeleitet wird. Nach der Strompause findet man den Muskel mit ungefähr denselben Widerständen behaftet, die er vor dem Beginn derselben darbot, zuweilen aber scheint sich auch in Folge der Pause der Widerstand erniedrigt zu haben, so dass er dem bei Beginn der ersten Durchleitung vorhandenen gleichkommt. Die so eben ausgesprochene Bemerkung gilt jedoch nur dann, wenn der Muskel durch den wieder eintretenden Strom zu seiner früheren Reizbarkeit zurückgeführt wird.

Besondere Widerstände werden eingeführt, wenn der Muskel zu tetanischen oder zuckenden Zusammenziehungen veranlasst wird. Mit jeder Zuckung entleert sich allerdings das

Blut, welches in den Venen angehäuft war, aber zugleich mehrt sich der Widerstand, der dem Eindringen arteriellen Blutes entgegen tritt. Daraus wird es verständlich, dass man den Druck erhöhen muss, wenn man durch einen intermittirend zuckenden Muskel gerade so viel Blut führen will, wie durch den ruhenden in derselben Zeit abfloss. Schwerer verständlich ist der Umstand, dass hinter einer abgelaufenen Zuckung ein vergrösserter Widerstand zurück bleibt. Zuweilen ist derselbe so gross, dass man geneigt ist an eine die Zuckung überdauernde Zusammenziehung der Gefässe zu denken. — Die Hemmungen, welche in dem Blutstrom angebracht werden durch einen Muskel, den man mehrere Minuten hindurch in raschem Wechsel bald zucken und bald ruhen lässt, sind um so grösser, je reizbarer der Muskel, beziehungsweise je kräftiger und allgemeiner seine Zusammenziehungen ausfallen.

Viel grössere Widerstände als durch die bisher berührten Umstände werden eingeführt, wenn man O-armes Blut in den Muskel schickt. Uns hat es geschienen, als ob das durch Erstickung entsauerstoffte in dieser Richtung nicht merklich anders wirkte als das mit Eisen reducirte. Die Hemmung könnte man als eine Folge der Veränderung ansehen, welche die Blutkörperchen erlitten haben; wenn sich, wie oben erwähnt, ein Theil derselben aufgelöst hat, so dürften auch andere, die nicht vollständig zerflossen sind, aufgequollen sein und damit ihre Glätte und Elasticität eingebüsst haben. Wir möchten jedoch nicht behaupten, dass diese Erklärung für alle Fälle ausreiche. Auffallend war es wenigstens, dass wiederholt der Strom unter relativ niederm Druck rasch floss, wenn das O-arme Blut unmittelbar auf das arterielle folgte, so dass sich erst sehr allmählich der langsame Strom des schwarzen Blutes einstellte. Wir können zudem nicht leugnen, dass uns die Annahme einer Selbststeuerung des Stroms innerhalb der Muskeln eine ansprechende ist. Jedenfalls scheint es nach den vorliegenden Andeutungen wünschenswerth Versuche darüber anzustellen, ob nicht etwa die contractilen Ringe der kleinen Arterie unmittelbar von dem durch ihre Lichtung strömenden Blute angeregt werden. Eine solche Einrichtung könnte möglicherweise dazu führen, dass die Gefässe des Muskels je nach den Bedürfnissen dieses letztern das Blut mehr oder weniger rasch zufliessen liessen.

4. Die Lebenseigenschaften des ausgeschnittenen Muskels.

Vielleicht ist es schon aufgefallen, dass wir zwischen dem Ausschneiden des Muskels und dem Beginn des künstlichen Blutstromes so viele umständliche Handgriffe ausführten, die nothwendigerweise einen Zeitraum von mindestens einer halben Stunde in Anspruch nehmen. Man könnte denken diese Zeit würde genügen, um einen Säugethiermuskel vollständig abzutödten; diess ist jedoch nicht der Fall, vorausgesetzt dass man das Thier, dem der Muskel entnommen wurde, durch einen sehr grossen Aderlass dem Verblutungstode nahe brachte. Diese Verfahrungsweise ergiebt sich aber bei den vorstehenden Versuchen von selbst, weil wir in der Regel das Blut desselben Hundes zu dem künstlichen Strome benutzten, dessen Muskel wir gebrauchten. Wir liessen also, wie schon bemerkt, den meist sehr grossen Hunden so viel Blut aus der Carotis ab, bis sie aus Anämie in Krämpfe verfielen, und verfuhren nun mit dem Blute wie angegeben. Nachdem von Seiten des Bluts alle Vorbereitungen geschehen waren, tödteten wir das Thier vollkommen durch einen Stich in das Herz und begannen mit der Ausschälung des Muskels, sobald das Auge unempfindlich geworden war. Bei diesem Verfahren ist uns niemals ein vorzeitiger Muskeltod oder eine Gerinnung des in den Muskeln zurückgebliebenen Blutes an der Ausführung des Versuchs hinderlich gewesen; sollte man aber fürchten, dass bei besondern Schwierigkeiten der Einbindung ein im Muskel verbleibender Blutrest gerinnen oder die Reizbarkeit in Folge der langen Blutleere erlöschen könnte, so hat man es immer in der Gewalt, den Muskel durch einen vorübergehenden Strom wieder zu beleben.

Wir wollen in dem Folgenden sogleich alle unsere Erfahrungen zusammen stellen, die wir über die belebenden Eigenschaften eines Blutes gesammelt haben, das auf 18° bis 20° C. temperirt war. — Unzweifelhaft erhält ein künstlicher Strom arteriellen Blutes die Lebenseigenschaften der Muskeln und Nerven, und stellt sie auch diesen Gebilden wieder her, wenn sie bis zur Erschöpfung der Reizbarkeit ermüdet waren. Hierfür sprechen die einfachsten Versuche. Wird z. B. nur eine der Muskelarterien eingebunden, so dass nur ihr Bezirk einen Strom empfängt, während die der übrigen Arterien leer bleiben, so tritt unfehlbar und spätestens nach 2 bis 3 Stunden in den nicht vom Blut benetzten Muskelmassen die Starre ein, während die

unmittelbar anliegenden, vom Blut umflossenen Fasern einen hohen Grad von Reizbarkeit behauptet haben. Gerade so wie die Muskeln verhalten sich auch die Nerven. Soweit die Stämme derselben von Blut umflossen sind, erweisen sie sich auch erregbar und geschickt die von ihren Zweigen versorgten und annoch reizbaren Muskeln zur Contraction zu veranlassen. — Nicht minder wie die vorhandene Reizbarkeit durch den künstlichen Blutstrom erhalten wird, kann durch den letztern auch der ermüdete Muskel wieder hergestellt werden. Ein Muskel, der durch Unterbrechung des Blutstromes oder durch eine anhaltende Reihe von elektrischen Schlägen so weit herabgekommen ist, dass er durch die heftigsten Reize nicht mehr angeregt wird, gewinnt seine Zuckungsfähigkeit alsbald wieder, wenn er auch nur kurze Zeit von einem künstlichen Strom arteriellen Blutes durchsetzt wurde. Selbstverständlich geschieht dieses letztere nicht mehr, wenn schon die Starre eingetreten war.

Die erquickenden Wirkungen des künstlichen Stroms sind jedoch keineswegs von solcher Stärke und Nachhaltigkeit, wie man sie dem lebendigen Blute zuzuschreiben pflegt. Zunächst ist es augenfällig, dass die Zeit, während welcher das Blut die Lebenseigenschaften erhält, keine unbeschränkte ist. Füllt man das gesammte durch den Aderlass erhaltene Blut in eine Flasche und lässt von dort den Strom ununterbrochen durch den Muskel fliessen, so dass dieser letztere fortwährend mit frischem arteriellen Blute gespeist wird, so findet man denselben trotz stetiger und sorgfältiger Ueberwachung nach etwa zwanzig Stunden abgestorben und ungeachtet des fortdauernden Stromes auch alsbald starr. Da das angeführte Blut, wie wir zeigen werden, zu dieser Zeit erst nur geringe Veränderungen in seinem Gasgehalt erlitten hat, so kann die Schuld des Absterbens nicht auf eine schädliche Wirkung des Blutes bezogen werden. Der Muskel ist während des Versuchs, wie kaum bemerkt zu werden braucht, vor Verdunstung geschützt.

Von diesem allmählichen Absterben zeigten sich jedoch wenigstens in den ersten 4—6 oder auch 8 Stunden seit dem Beginn des Versuchs keine Spuren, insofern man sich damit begnügt, auf die Lebenseigenschaften nur aus dem Verhalten der Reizbarkeit des unbelasteten Muskels zu schliessen.

Als Maass für die Stärke des elektrischen Reizes, welcher zum Hervorlocken der minimalen Zuckung nothwendig war,

diente auch uns der Abstand der beiden Rollen des gewöhnlichen Inductionsapparates, welcher durch einen Grove in Gang gesetzt wurde. Die Ströme wurden in den Muskel durch zwei Platindrähte übergeführt, von denen der eine in die untere Sehne eingehakt war, während der andere zu einer Schlinge umgebogen den Nerven umgriff, unmittelbar bevor sich sein oberer Ast in den Muskel einsenkte, den wir reizen wollten. In andern Fällen, wo wir die Reizung vom Nerven allein aus beabsichtigten, legten wir diesen letztern kurz vor seinem Eintritt in den Muskel auf zwei wohl isolirte Zuleitungsdrähte, die mehrere Millimeter weit von einander abstanden.

Bevor wir die Ergebnisse der Reizung mittheilen, wiederholen wir die Bemerkung, dass die betreffenden Versuche nur ausgeführt wurden, um uns von der belebenden Fähigkeit des Blutes zu überzeugen. Von diesem Gesichtspunkt aus sind also auch unsere Angaben über die beobachteten Zuckungen selbst anzusehen.

Bei dem Aufsuchen der minimalen Zuckung ergiebt sich sogleich, dass nicht alle Theile des Muskels gleich reizbar sind, namentlich sind die Unterschiede, welche m. biceps und m. semitendinosus darbieten, in der Regel sehr beträchtlich. Aber auch die verschiedenen Abschnitte desselben Muskels befinden sich auf verschiedenen Stufen der Reizbarkeit; die Abtheilungen, welche von Anfang an die höchste Reizbarkeit besassen, bewahren sie auch während der ganzen Dauer des Versuchs. Dem entsprechend bestimmten wir die Reizbarkeit durch den Rollenabstand, welcher zur Erzeugung der minimalen Zuckung in den erregbarsten Muskelstücken nothwendig war.

Die Intensität der Schläge, welche die minimale Zuckung der reizbarsten Theile auslöste, war immer eine geringe. Dieses geht daraus hervor, dass der hiezu nöthige tetanisirende Strom auf der Zunge nicht mehr empfunden wurde, selbst wenn die den Reiz zuführenden Elektroden im Gegensatz zu ihrer grösseren Entfernung am Muskel auf der Zunge nur um zwei bis vier mm. von einander abstanden.

Die Zuckung trat im Beginn des Versuchs vom Nerven aus bei einem weit grössern Abstand der Rollen ein, als vom Muskel aus; in den spätern Zeiträumen zeigte sich dagegen die Zuckung beim allmählichen Zusammenschieben der Rollen eher

vom Muskel aus als vom Nerven, und endlich fand sich ein Zeitraum ein, bei welchem man durch einen einzigen Inductionsschlag weder vom Muskel noch vom Nerven aus irgend eine Zuckung eintreten sah, obwohl die tetanische Erregung noch sehr wirksam war. Dieses für uns räthselhafte Verhalten ist indess von *E. Brücke* in einer Abhandlung aufgeklärt worden, die während des Verlaufs unserer Untersuchung erschien. Bevor wir noch durch *Brücke* wussten, dass die Contraction in Folge eines kurz dauernden Reizes darum ausbleibt, weil die Muskelnerven gelähmt sind, hatten wir durch unsere Erfahrungen belehrt schon zu der Aushilfe gegriffen, dass wir statt einen Inductionsschlag eine Reihe derselben in Anwendung brachten und dass wir diese durch den ganzen Muskel in der oben beschriebenen Weise hindurchfahren liessen.

Unter dieser Voraussetzung zeigte sich nun die Reizbarkeit in dem von uns angewendeten Muskel so lange, als der künstliche Blutstrom durch ihn ging, jedesmal viele Stunden hindurch ganz constant; nicht minder stellte sich unter dem Einströmen des Bluts die Reizbarkeit wieder in dem frühern Grade ein, auch wenn diese durch eine anhaltende Blutleere so weit herabgebracht war, dass sich gar keine Zuckungen mehr sehen liessen, selbst wenn die Rollen übereinander geschoben, der Hohlraum der primären mit Drähten ausgefüllt und statt eines zwei Elemente angesetzt worden waren. Darnach hätte man schliessen sollen, dass das Blut mindestens 6 Stunden hindurch die Muskel in voller Lebenskraft erhalten habe.

Anders gestaltet sich jedoch das Urtheil, wenn man das Verhalten des belasteten Muskels untersucht. Zur Ausführung dieses Vorhabens wählten wir in der Regel den m. semitendinosus, da er zum Unterschied von dem m. biceps aus parallel laufenden Fasern zusammengesetzt ist. Um den Muskel der Beobachtung zugänglich zu machen, wurde das Sitzbein von der Zange eines starken Halters umklammert. Die untere Sehne des frei herabhängenden Muskels ward an einen Hebel gehakt, dessen freies Ende in einen Schreibstift auslief, so dass die tetanische Contraction um das Doppelte ihrer wahren Höhe vergrössert auf das berusste Papier einer langsam rotirenden Trommel zu notiren war; an demselben Hebel hing ein Gewicht von einer verstellbaren Unterlage unterstützt, damit der Hub immer von derselben Anfangsdehnung des Muskels aus

begann. — Der Muskel selbst war von einem passenden Beutel feinen weichen Gutta-Perchapapiers umhüllt, die Zuleitung des Blutes geschah in der Regel durch die beiden Arterien. Da jedoch aus den Venen des frei herabhängenden Muskels das Blut nicht mehr so leicht hervorfliesst, wie aus denen des horizontal liegenden, so sahen wir uns öfter genöthigt, aus den schwellenden Venen das Blut mit der Hand sanft auszudrücken. Diesem etwas mangelhaften Blutstrom können wir jedoch darum die gleich zu beschreibende Abnahme der Leistungsfähigkeit nicht zurechnen, weil sich während dess die Reizbarkeit nicht vermindert hatte.

In allen auf diese Weise veranstalteten Versuchen fanden wir nun, dass mit der Zeit und mit den zugemutheten Anstrengungen die Arbeitsfähigkeit beträchtlich abnahm. Dieses drückte sich nicht allein dadurch aus, dass der im Maximum tetanisirte Muskel das angehängte Gewicht (50 bis 200 Gr.) bei den spätern Contractionen nicht mehr auf dieselbe Höhe hob, wie in den frühern, sondern auch darin, dass während des spätern Tetanus die Ermüdung rascher eintrat als in den frühern, indem das Gewicht in den spätern Contractionen zeitlicher und steiler nach der Abscisse hin herabfiel, als diess in den ersten Contractionen der Fall gewesen. Die Fig. 3 ist nach einer der Curven durchgepaust, welche auf diese Weise erhalten wurden. Die

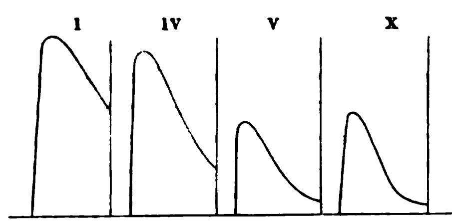


Fig. 3.

Zahlen über den tetanischen Zuckungen geben an, zum wie vielten Male seit dem Beginn des Versuchs das Gewicht gehoben war. Rücksichtlich der Zeit, die wir vom Termin der vollendeten Aufhängung des Muskels an rechnen, ist zu den Curven zu bemerken, dass Tetanus I im Beginn der Zeit notirt ist; Tetanus IV 88 Minuten später; Tetanus V zur 101. Minute; Tetanus X bei 125 Minuten nach Beginn des Versuchs. — Das gehobene Gewicht betrug 200 Grammen.

Die graphische Darstellung zeigt, dass während der Reizung das Gewicht allmählich von der höchsten Höhe herabsinkt, auf die es bei Beginn derselben gestiegen war. — Bleibt dann nach unterbrochener Reizung der vom Blutstrom fortdauernd durchsetzte Muskel einige Zeit in Ruhe, so erholt sich derselbe wieder, denn es wird das Gewicht bei einer nächstfolgenden Reizung über die Höhe gehoben, auf welche es am Ende der vorhergehenden herabgesunken war. — Eine Abnahme der Hubfähigkeit gegen die des früheren Zustandes drückt sich jedoch dadurch aus, dass die maximale Höhe, auf welche das Gewicht bei Beginn der frühern Reizung gehoben wurde, im Beginn der spätern eine geringere ist. Die Unterschiede der maximalen Höhen, zu denen das Gewicht in zwei aufeinander folgenden Tetanus gehoben wird, ist in den frühern Stadien der Versuchsreihe eine grössere als in den spätern, so dass schliesslich ein Zustand eintritt, bei welchem die in grössern Pausen auf einander folgenden tetanischen Contractionen einander vollkommen gleich bleiben. Das Eintreten dieses Zeitpunkts erfolgt um so früher, je öfter nach einander der Muskel zu Anstrengungen veranlasst worden.

Das Resultat dieser letztern Versuchsreihe würde demnach kurz dahin zu fassen sein, dass der ruhende, vom Blutstrom durchflossene Muskel die ihm innewohnende Hubfähigkeit sehr viel länger auf einer der ursprünglichen gleichen Stufe bewahrt, als dieses im blutleeren Zustand geschehen wäre; es vermag auch der Blutstrom dem Muskel die Einbusse wieder zu ersetzen, die er durch Anstrengungen erlitten; dieses gelingt ihm jedoch nur in beschränktem Maasse, so dass er insbesondere nur die kleinen Verluste eines ermüdeten, nicht aber die grossen eines kräftigen Muskels auszugleichen vermag.

Von einer besondern Bedeutung für die Frage nach den belebenden Eigenschaften des Blutstromes ist das Verhalten des Muskels während der Blutleere und in der darauf folgenden Wiederherstellung des Blutstromes. Wenn der Strom des kalten Blutes unterbrochen wird nachdem er nicht länger als eine Stunde nach Ausschneiden des Muskels durch diesen letzteren geleitet war, so bedarf es jetzt einer Zeit, die bis zu drei Stunden reichen kann, bevor er seine Reizbarkeit vollkommen eingebüsst hat. Lässt man darauf das arterielle Blut wieder zutreten, so erholt sich die Reizbarkeit, wie schon bemerkt, nach

15 bis 30 Minuten wieder vollständig. Unterbricht man dann den Strom von Neuem, so verliert ein Muskel, der z. B. während der ersten Blutleere drei Stunden hierzu nöthig hatte, jetzt seine Reizbarkeit in etwa $1\frac{1}{2}$ Stunde vollständig. Ein erneutes Einleiten von arteriellem Blute stellt abermals in 15 bis 30 Minuten die Reizbarkeit wieder vollständig her. Ist diese vollkommen wiedergekehrt und wird darauf der Blutstrom zum dritten Mal unterbrochen, so schwindet jetzt die Reizbarkeit in etwa 40 bis 50 Minuten; sie lässt sich dann in derselben Zeit wie früher durch den arteriellen Blutstrom wieder herbeiführen. Daraus geht hervor, dass der Muskel den zerstörenden Einflüssen, welche während der Blutleere auf ihn wirken, um so rascher unterliegt, je öfter er schon vorher in der Blutleere seine Reizbarkeit eingebüsst hatte.

Da, wie schon wiederholt erwähnt wurde, der Muskel trotz des fortdauernden Blutstroms allmählich seine Lebenseigenschaften verliert, so könnte man vermuthen, dass die geringere Widerstandsfähigkeit des Muskels gegen die zweite und dritte Blutleere nicht von den vorhergehenden Anämien, sondern von der Schwächung bedingt sei, die der Muskel durch seinen längern Aufenthalt ausserhalb des Organismus erfahren habe. Gegen diese letztere Annahme sprechen aber andere Erfahrungen. Wir sahen nämlich wiederholt, dass der Mangel an Blut den Muskel erst nach 6, ja nach 8 Stunden um seine Reizbarkeit brachte, wenn der arterielle Strom erst dann zum ersten Male unterbrochen worden war, nachdem er seit dem Ausschneiden des Muskels nicht eine, sondern mehr als drei Stunden gedauert hatte. Nach diesem Ergebniss scheint uns die Annahme berechtigt, dass die Widerstandsfähigkeit nicht wesentlich beeinträchtigt wird durch die länger dauernde Entfernung des Muskels aus seiner natürlichen Lagerstätte. Die Analogie, welche sich zwischen der verminderten Arbeitsfähigkeit und dem Widerstand gegen die Blutleere zeigt, scheint uns demnach unverkennbar.

In dem ersten Stadium der Blutleere steigt die Reizbarkeit, die auch hier durch die Minimalzuckung bestimmt wurde, empor und zwar zuweilen sehr merklich über den Werth, den sie vor dem Beginn der Stromunterbrechung besessen hatte; alsbald aber sinkt sie, erst rasch und später allmählich auf Null herab. Längere Zeit, bevor sie auf Null sinkt, bieten die Zu-

sammenziehungen des blutleeren Muskels eine eigenthümliche Abweichung von dem des durchströmten. Beurtheilt man die Reizbarkeit nach dem Rollenabstand, der für die Erzeugung der minimalen Zuckung nothwendig ist, so erscheint öfter dieselbe noch nicht abgesunken zu sein und trotzdem zeigt sie sich als eine verminderte, wenn man die Wirkung eines stärkeren Reizes auf den blutleeren Muskel mit derjenigen vergleicht, die derselbe Reiz in dem bluthaltigen hervorbringt. Nähert man die Rolle aus dem Abstand, welcher die minimale Zuckung hervorbrachte, nur um wenige Millimeter gegen die primäre, so wird, vorausgesetzt dass ein bluthaltiger Muskel zwischen den Elektroden liegt, die Zuckung sogleich eine allgemeine und kräftige. Wenn dagegen der Muskel eingeschaltet ist, der schon das Stadium der gesteigerten Reizbarkeit überschritten hat, aber noch die minimale Zuckung zeigt, bei einem Rollenabstand, der nahezu eben so gross ist wie der, welchen auch der bluthaltige Muskel, um minimal zu zucken, nöthig hat, so findet man jetzt, dass durch eine Näherung der beiden Rollen keine Verstärkung der Zuckung mehr eintritt. Die Zuckung verbreitet sich zwar über alle Fasern, aber es kommt keine irgendwie beträchtliche Verkürzung der Muskeln zu Stande, häufig selbst dann nicht, wenn auch die beiden Rollen ganz übereinander geschoben wurden; demnach wäre der blutleere Muskel nur noch zu unkräftigen Zuckungen zu bewegen, trotzdem dass er nach der Aussage der minimalen Zuckung noch den Anschein eines sehr reizbaren besitzt.

Der ausgeschnittene und längere Zeit von kühlem Blut durchsetzte Muskel verliert, wenn er nun blutleer gemacht wird, nicht alsbald seine Arbeitsfähigkeit. Wird der Muskel kurze Zeit nach dem Aufhören des Stroms mit einem Gewicht belastet und nun zu einer tetanischen Contraction gezwungen, so hebt er das Gewicht anfänglich auf eine beträchtliche Höhe und lässt es dann während der dauernden Erregung tiefer und tiefer absinken. Wird darauf der tetanisirte Reiz unterbrochen, nachdem der Muskel nahebei zu seiner natürlichen Länge zurückgekehrt ist, so erholt er sich in der darauffolgenden Zeit der Ruhe ebenfalls wieder beträchtlich; denn wenn nach der letztern der Reiz von Neuem eingeleitet wird, so geht das Gewicht weit über die Höhe empor, auf die es zu Ende des vorhergehenden Tetanus herabgesunken war. — Hieraus folgt,

dass der blutleere Muskel des Säugethiers ebenso wie der des Frosches die Reizungspause zu einer theilweisen Ausgleichung der Ermüdung benutzen kann, aber es würde fehlerhaft sein, aus dieser Thatsache schliessen zu wollen, dass die Arbeitskraft sich in den Ruhezeiten am blutleeren Muskel eben so vollständig herstellen könnte als am bluthaltigen. Für die Mithülfe des Blutes an der Wiederherstellung der Arbeitskraft spricht am unverfänglichsten die Erscheinungsreihe, unter welcher die Fähigkeit Gewichte zu heben zurückkehrt, wenn der Muskel durch eine anhaltende Blutleere erschöpft war. Eröffnet man, nachdem das letztere geschehen, den Blutstrom von Neuem und reizt man, nachdem die Erregbarkeit zurückgekehrt ist, den belasteten Muskel, so wird anfänglich das Gewicht kaum über die Abscisse gehoben. Wiederholt man, während der Blutstrom fortwährend fliesst, die elektrische Reizung und zwar in gleicher Weise und Dauer wie vorher von Neuem, so wird jetzt das Gewicht schon merklich höher emporgetrieben. Bei einer spätern Reizung, die nach einem Ruhezustand von mehreren Minuten eingeleitet wird, steigt das Gewicht abermals über den frühern Maximalwerth und erreicht jetzt oder in einer spätern Reizung die Höhe, über die es auch in allen folgenden Erregungen nicht mehr emporgebracht werden kann. Diese Thatsachen beweisen also, dass sich die Arbeitskraft des vollkommen erschöpften Muskels unter der Mitwirkung des Blutes ganz allmählich bis zu einem nicht überschreitbaren Maximum wiederherstellt. In unsern allerdings wenig zahlreichen Versuchen war jedoch die maximale Hubhöhe nach der Wiedererholung des blutleeren Muskels nie so hoch, als die niedrigste der maximalen Hubhöhen, welche der Muskel vor dem Aufhören des Blutstromes geliefert hatte. Die Erscheinungen, die wir soeben beschrieben haben, werden durch Fig. 4 erläutert.

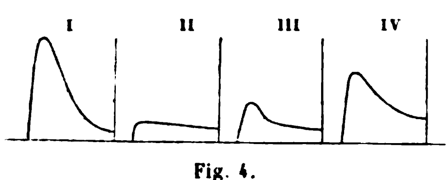


Fig. 4.

Tetanus I ist unmittelbar vor Beendigung des Blutstromes bei einer Belastung von 200 Gr. gezeichnet; darauf wurde während

115 Minuten der Blutstrom unterbrochen, bis sehr starke Reize keine Zuckung mehr hervorriefen. Nachdem der Blutstrom 10 Minuten durchgeleitet war, kam durch eine Stromstärke, wie sie bei I wirksam gewesen, der Tetanus II, nach weitern 15 Minuten der Tetanus III und nach noch weitern 15 Minuten, also 40 Minuten seit Wiederbeginn des Blutstroms, Tetanus IV zu Stande, welcher das Maximum für den wiedererholten Muskel gab.

Ein anderer Versuch ist durch die nachstehende Tabelle dargestellt. In dieser wurde der Blutstrom einmal vorübergehend unterbrochen und dann wieder in Gang gesetzt, ehe noch die Fähigkeit das Gewicht zu heben erloschen war. Während der Stromunterbrechung wurde zweimal tetanische Reizung eingeleitet, darauf wurden, nachdem der Blutstrom einige Zeit in Gang gesetzt war, wiederum zwei tetanische Zuckungen erregt und nun abermals der Blutstrom unterbrochen, 28 Minuten nach Beginn der Unterbrechung wurde ein Tetanus erzeugt, der das Gewicht noch beträchtlich hob; 80 Minuten nach Beginn der Unterbrechung hob der Muskel das Gewicht nicht mehr. Als darauf der Strom 65 Minuten wieder hindurchgegangen war, hob eine eingeleitete tetanische Zuckung das Gewicht wieder um 2 mm., 5 Minuten nachher schon um 5,5 mm und 32 Minuten später um 6,5 mm. Ueber diese Höhe hinaus konnte das Gewicht auch bei fortgesetzter Durchleitung des Stroms nicht gehoben werden; als dagegen inzwischen ein Tetanus ohne Belastung eingeleitet wurde, verkürzte sich der Muskel um 28,5 Millimeter. — Im ersten Stab der folgenden Tabelle sind die Minuten eingetragen, welche seit dem Zeitpunkt verstrichen sind, bei dem der künstliche Blutstrom begann. Im zweiten Stab stehen die grössten Höhen, auf welche das Gewicht von der Abscisse aus emporgestiegen war; im dritten Stab steht diejenige Höhe, auf welche das Gewicht nach Beendigung der ungleich lange dauernden Reizung herabgesunken war. Im vierten Stabe ist die Höhe eingetragen, auf welche das Gewicht nach einer bei allen Hüben gleichlangen Dauer der Reizung herabkam. Nach diesen Mittheilungen dürften die Zahlen ein genügendes Beispiel für die Ableitungen sein, welche oben gegeben wurden.

Zeit vom Beginn des künstl. Stroms.	Maximale Höhe in Millim.	Minimale Höhe in Millim.	Höhe in Millim. nach 30 Mm. Umgang der Trommel.	Blutstrom.	Bemerkungen.
12 Min.	34,7	5,2	34,0	im Gang	Musc. semitendinosus. Längste Faser = 146 mm. Angehängtes Gewicht = 200 Gr. Die hier verzeichnet. Höhen sind d. wirklich vom Muskel durchlaufenen.
31	30,0	12,0	23,0		
39	22,7	6,7	13,0	unterbrochen	
44	16,0	4,0	10,5		
51	13,0	4,0	8,7	im Gang	
56	11,5	2,7	7,2		
94	8,5	3,7	6,2	unterbrochen	
136	0,0	—	—		
191	Spuren	—	—	im Gang	
205	2,7	1	1,2		
238	3,2	1	1,2		
252	3,0	1,5	1,5		
253	14,2	5,5	9,5		ohne Belastung.
278	3,2	1	1,5		

Bei der Durchleitung von O-armem Blut, gleichgültig ob der O vom erstickenden Thier oder durch Schütteln mit Eisen weggenommen war, verhielt sich der Muskel wie während der Blutleere. Die vorhandene Reizbarkeit starb allmählich ab und die einmal, sei es durch Reiz- oder Blutleere verloren gegangene kehrte nicht wieder. Auch darin glich die Wirkung des O-armen Blutes derjenigen der Anämie, dass die Zeiten, welche der Muskel bedurfte, um während der Anwesenheit des O-armen Blutes seine Reizbarkeit einzubüssen, jedes folgende Mal kürzer wurden, wenn alternirend O-reiches und O-armes Blut bis zur Austilgung, beziehungsweise bis zur Wiederherstellung der Reizbarkeit durch ihn geleitet wurde. Wie es hiernach gewiss ist, dass das O-arme Blut die Wiederherstellung der Reizbarkeit nicht bewirken kann und dass in dieser Beziehung kein Unterschied zwischen Erstickungs- und reducirtem Blut besteht, so ist es uns auch mindestens unwahrscheinlich geworden, dass die Anwesenheit des Erstickungsblutes die Reizbarkeit rascher zerstöre als die des reducirten. Statt des kühlen Blutes haben wir auch einige Mal Blut von 35 bis 40 Gr. angewendet. Wir sahen aus dieser Complication des Versuchs keinen Vortheil erwachsen rücksichtlich der Befähigung dieser höher temperirten Flüssigkeit für die Erhaltung und Stärkung der Lebenseigenschaften. Umgekehrt fanden wir, dass der

Muskel dem schädlichen Einfluss während der Blutleere weniger gut als bei der Anwendung des kalten Blutes widerstand. Wir haben desshalb die Durchleitung eines warmen Blutes nicht weiter fortgesetzt.

Betrachtet man den Muskel von dem Gesichtspunkte der Thatsachen, welche die Durchleitung des Blutes ergeben haben, so scheint es, als ob sich die im Innern des Muskels vorhandenen, seine vollen Lebenseigenschaften bedingenden Ursachen in zwei Gruppen spalten liessen. Die eine derselben, welche die Reizbarkeit zur Folge hat, wird durch das strömende Blut lange Zeit auf ihrem normalen Bestand erhalten, und wenn sie verloren war, auch wieder vollkommen hergestellt. Die andere Gruppe wird dagegen, wenn sie einmal ihre Wirksamkeit verloren, durch den Blutstrom wieder wirksam, aber in viel minderem Grade als sie es ursprünglich gewesen. Dem entsprechend ist auch der künstliche Blutstrom nicht im Stande diese Gruppe auf dem ursprünglichen Grad ihrer Leistungsfähigkeit zu erhalten; sie geht allmählich, trotz des dauernden Blutstromes, zu Grunde, was jedoch weitaus langsamer geschieht als wenn der Muskel blutleer gelassen wird.

Das kühle arterielle faserstofffreie, den Einwirkungen anderer thierischen Organe entzogene Blut wirkt also anders als das lebendige. Aber immerhin ist das erstgenannte Blut befähigt, den Muskel lange Zeit auf einem hohen Grade von Reizbarkeit und auf einem niedrigen der Leistungsfähigkeit zu erhalten, so dass der Gasaustausch, dessen Studium wir uns vorgesetzt hatten, auch am ausgeschnittenen Muskel unter ähnlichen Bedingungen wie im Leben geschehen durfte. Unser Muskel scheint dem ermüdeten lebendigen am nächsten zu stehen.

5. Die Gewinnung der Blutgase. — Die Methoden, mit welchen die Gase gewonnen und analysirt wurden, waren die bekannten. Bevor wir die mit ihnen erhaltenen Resultate aufzählen, müssen wir noch ein Bedenken besprechen, das sich rücksichtlich der Diffusion erhebt, welche den Gasen des Bluts ermöglicht war auf dem kurzen Wege des letztern von dem Muskel bis in die Glasröhren. In den Versuchen, die wir zum Gewinnen des Blutes für die Gasanalyse benutzten, lag der Muskel, wie in Fig. 1 zu sehen ist, in einem zugedeckten Glasteller, so dass diejenige seiner Fläche, durch welche die Blutgefässe ein- und austraten, von Luft umspühlt wurde. Diese

Luft musste nothwendigerweise in einen Tauschverkehr zu den Gasen des Blutes treten. Wir haben uns in der That davon überzeugt, dass die Luft innerhalb des Tellers einen geringern O- und einen grössern CO_2-Gehalt als die atmosphärische besass, nachdem der Muskel einige Stunden in diesem hermetisch geschlossenen Raume gelegen hatte. Diesem Uebelstand und den daraus fliessenden Befürchtungen wäre leicht abzuhelfen gewesen, wenn der Muskel in eine anschliessende Hülle von fein gewalzter Gutta-Percha eingeschlossen worden wäre. Zu dieser Massregel konnten wir uns jedoch nicht entschliessen, weil durch sie eine sorgfältige Ueberwachung der Muskelfläche unmöglich gemacht worden wäre, wie sie doch wegen des drohenden Eintritts einer Blutung und zur Prüfung der Reizbarkeit nothwendig war. Zudem schien uns auch der voraussichtliche Fehler nicht allzu bedenklich. Das Blut, welches durch die Arterien einfloss, war schon beim Defibriniren und den übrigen Vorbereitungen so anhaltend mit Luft geschüttelt worden, dass es entweder nahezu oder vollständig mit O gesättigt wurde, und ebenso war ihm bei jenen Vorbereitungen so viel CO_2 entzogen worden, dass der noch verbleibende Rückstand ein zu fest gebundener sein musste um durch die dichten Arterienwandungen auf der kurzen Wegstrecke von der Cantüle bis in das Innere des Muskels merklich zu diffundiren. — In ungünstigen Verhältnissen befand sich das Blut, welches aus dem Muskel durch die dünnwandigern Venen arm an O und reich an CO_2 zurückkam. Obwohl uns die Ueberlegung nicht fern stand, dass das von seiner vollen Sättigung mit Sauerstoff weiter abstehende Venenblut zur Aufnahme von atmosphärischem O sehr geeignet sei, so haben wir doch rücksichtlich dieses Gases alle Bedenken schwinden lassen, nachdem wir gefunden, dass das in langsamem Strome durch den Muskel fliessende O-freie Blut auch in unserm Sammelgefäss O-frei anlangte. Wenn also das mit den grössten Absorptionskräften begabte Blut während eines längern Aufenthaltes in den Venen keinen Sauerstoff aufnimmt, so wird dieses noch viel weniger von andern theilweise mit O gesättigten und rascher abfliessenden Blutarten angenommen werden dürfen. — Bedenklicher gestaltet sich die Sache für die CO_2, vorzugsweise darum, weil dieses Gas bekanntlich viel leichter als der O die mit Wasser getränkten Häute durchsetzt. Darum kann die Möglichkeit nicht bestritten werden, dass

ein Theil der Blut-CO_2 ausgetreten sei. Weil wir vom Gegentheil keine Gewissheit besitzen, so legen wir auf sonst bemerkenswerthe Versuche kein besonderes Gewicht. So findet sich u. A. unter den Beobachtungen mit Erstickungsblut eine, in welcher das aus dem Muskel zurückkehrende Blut ärmer an CO_2 war als das in ihn eingeführte. Da das zugeführte Blut ungewöhnlich reich an CO_2 war, so liesse sich ein Verlust an diesem Gase auch durch eine Absorption desselben von Seiten der Muskelflüssigkeiten erklären. Ebensowenig wie auf diesen Versuch legen wir jetzt schon einen Werth auf die absoluten Quantitäten von CO_2, welche wir in dem aus dem Muskel zurückkehrenden Blute auffanden. Auch die relativen Werthe der aus dem Muskel stammenden CO_2 berücksichtigen wir nur dann, wenn sie mit einem der zu vergleichenden Venenblutarten einen annähernd gleichen Gehalt an CO_2 darboten und wenn sie mit sehr annähernd gleicher Geschwindigkeit durch die Vene geflossen waren. Unter diesen Umständen durften wohl die aus dem Venenblut bestimmten CO_2-Mengen zu einer Vergleichung der vom Muskel gelieferten benutzt werden, da alsdann ein von der Diffusion herrührender Fehler in beiden Fällen von sehr annähernd gleicher Grösse sein musste.

Die Richtungen, nach welchen die Durchströmungsversuche zu variiren waren, sind gegeben durch die Eigenschaften des Stroms, den Gasgehalt des Blutes und die Zustände des Muskels. Von der grossen Zahl von Versuchen, die hierdurch vorgeschrieben sind, haben wir nur einen kleinen Theil ausgeführt; unter den angestellten befinden sich jedoch solche nach einer jeden der bezeichneten Richtungen hin.

Wir beginnen unsere Mittheilungen mit den Erfahrungen, die wir über den O-Verbrauch gewonnen haben.

6. Verbrauch von Sauerstoff mit der Aenderung der Stromgeschwindigkeit. — Um den Einfluss der Stromgeschwindigkeit des Blutes auf den O-Verbrauch festzustellen, müssen der Muskel und das arterielle Blut, mit welchem die Versuche ausgeführt werden, genau dieselben sein. Dieser Forderung ist für das Blut ohne Schwierigkeit Genüge zu leisten, fraglicher erscheint diese Möglichkeit für den Muskel, da er sich mit der Zeit ändert. Um den Einfluss, welchen die Aenderung der Muskelstoffe mit sich führt, zu eliminiren, haben wir durch denselben Muskel mehrmals hintereinander das Blut mit ver-

schiedener Geschwindigkeit strömen lassen. Der Versuch selbst wurde so geleitet, dass der Blutstrom, bevor noch die zur Analyse bestimmte Portion aufgefangen wurde, jedesmal längere Zeit etwa 10 Minuten mit der Geschwindigkeit floss, die ihm während der Zeit zugetheilt werden sollte, in der die zur Analyse dienende Probe aufzufangen war. War diese letztere gesammelt, so wurde alsbald die Geschwindigkeit des Stromes so weit geändert, wie wir sie beim Auffangen der zweiten Probe zu haben wünschten. Bevor das Blut bei der neuen Geschwindigkeit über *Hg* aufgesammelt wurde, ward das aus den Venen kommende so lange weggelassen, bis wir erwarten konnten, dass das mit der neuen Geschwindigkeit einströmende Blut aus dem Muskel und den Zuleitungsröhren die Portionen verdrängt hatte, welche von der frühern Durchleitung her darin angehäuft waren. — Der Muskel selbst blieb während der ganzen Versuchsdauer in Ruhe. Vor Beginn und nach Beendigung des Versuchs wurde die Reizbarkeit durch die Minimalzuckung geprüft. Wir bemerken ein- und für allemal, dass sie sich unverändert erhalten hatte.

Nr. d. V.	Muskelgewicht.	Zeit in Min. v. Beginn d. 1. Sammlens.	Durchgeg. Blutvolum in 1 Minute.	O-Verbr. in 1 Minute.	O-Gehalt d. Venenbluts.	O-Gehalt des Arterienbluts.
I.	211 Gr.	0—12	2,25 CbC.	0,19 CbC.	5,58	
		36—66	1,03	0,09	4,02	13,20
		79—90	2,91	0,21	5,85	
		108—137	1,08	0,08	5,43	
II.	200 Gr.	0—12	2,41	0,17	6,10	
		38—74	0,86	0,07	4,15	
		80—91	2,90	0,21	5,83	
		105—138	0,94	0,07	5,48	12,91
		130—164	2,21	0,14	6,42	
		186—223	0,85	0,06	6,44	
III.	185 Gr.	0—21	1,52	0,08	12,05	
		31—78	0,69	0,04	11,17	
		168—195	1,30	0,14	5,87	17,54
		267—319	0,58	0,05	9,38	
		379—401	1,37	0,09	10,75	
IV.		0—29	1,03	0,06	9,28	
		54—112	0,51	0,05	5,90	14,70
		292—323	0,93	0,08	6,93	
		354—412	0,57	0,04	6,98	
V.	152 Gr.	0—3.5	3,53	0,21	13,59	
		20—47	1,11	0,10	10,60	19,52
		55—64	3,39	0,19	13,11	
		72—99	1,11	0,07	12,81	

Da die Bedeutung der Zahlen aus den Ueberschriften der Stäbe zur Genüge klar sein dürfte, so können wir sogleich zur Betrachtung ihres Inhaltes übergehen. Die vorstehende Reihe zeigt nun ganz unzweifelhaft, dass der Muskel in der Zeiteinheit dem Blute um so mehr O entzieht, je rascher das letztere durch ihn fliesst. Das specifische, mit der Zeit veränderliche O-Bedürfniss, das jeder der fünf angewendeten Muskeln dargeboten haben mag, tritt, wie erkennbar, gegen den Einfluss der veränderlichen Stromgeschwindigkeit vollkommen in den Hintergrund, wenn die Unterschiede dieser letztern nur einigermassen bedeutend sind. Das ungleiche O-Bedürfniss leuchtet dagegen noch hervor, wenn die Unterschiede der Geschwindigkeit nur geringe sind; Beispiele hierfür finden sich im III. und IV. Versuch.

Bei der Klarheit, mit welcher in den vorstehenden Versuchen der Einfluss der Stromgeschwindigkeit auf den O-Verbrauch im Muskel hervortritt, hielten wir es für überflüssig, die Zahl unserer Versuche nach dieser Richtung hin noch weiter zu vermehren. Dieser Entschluss wurde uns um so leichter, weil wir auch noch wiederholt bei Versuchen, die ein anderes Ziel im Auge hatten, auf dieselbe Regel stiessen.

Der Einfluss, den die Stromgeschwindigkeit auf den O-Verbrauch übt, dürfte sich am einfachsten dadurch erklären lassen, dass es von ihr abhängt, wie weit sich der procentische O-Gehalt des venösen Blutes von dem des arteriellen entfernen kann, beziehungsweise wie gross der mittlere Procentgehalt des im Muskel anwesenden Blutes an O ist. — Denn da der Muskel dem Blute allen O bis zum Verschwinden desselben entziehen kann, so lässt sich erwarten, dass das rascher durchfliessende sich einen grösseren Sauerstoffgehalt gerettet hat als das langsamer bewegte. Dieses bestätigt sich, wenn wir den in der vierten Zahlenreihe eingeschriebenen O-Gehalt des venösen Blutes betrachten; wir finden dort, dass von zwei unmittelbar hinter einander folgenden Zahlen, d. h. von solchen, die sich auf zwei durch geringe Zeiträume von einander getrennte Versuche beziehen, diejenige jedesmal die grössere ist, welche dem raschern Strom entspricht.

Hiervon findet sich nur ein Mal eine Ausnahme in III. Hiernach dürfte der Schluss berechtigt sein, dass der Muskel den

Sauerstoff aus dem Blut um so rascher entfernt, je reichlicher er in dem letzteren vertreten ist.

Eine Vergleichung der Sauerstoffprocente des venösen Blutes mit dem O-Verbrauche in einer Minute führt aber noch einen kleinen Schritt weiter. Die obigen Mittheilungen ergeben nämlich, dass die beiden Zahlen für das Verhältniss, in welchem bei zwei mit einander verglichenen Beobachtungen einerseits die Stromgeschwindigkeiten, anderseits die O-Verbrauche zu einander stehen, annähernd dieselben sind; dieses ist mindestens in gewissen Grenzen der Fall. So stehen u. A., um ein Beispiel herauszugreifen, in Beobachtung I, Durchleitung 3 und 4, die Geschwindigkeiten des Stroms im Verhältniss von 1 : 2,6 und die O-Verbrauche in der Minute wie 1:2,7. Ganz anders gestaltet sich die Sache bei einer Vergleichung der O-Procente in den zugehörigen venösen Blutarten; sie sind nur wenig von einander verschieden, denn sie verhalten sich wie 1:0,93. — Diese sich stetig wiederholende Erscheinung scheint zu ergeben, dass sich der Muskel der verschiedenen O-Antheile, welche die Scheiben tragen, mit ungleicher Leichtigkeit bemächtigt, entweder weil die in den tiefern Schichten des Scheibchens gelegenen O-Massen schwerer zugänglich sind, oder weil der an dem Hämoglobin noch haftende O-Rest mit grösserer Festigkeit gebunden wird; jedenfalls nimmt die Fähigkeit des Muskels dem Blute O zu entziehen weit rascher ab als der Gehalt desselben an diesem Bestandtheile.

Die in dem Vorstehenden aufgedeckte Beziehung zwischen dem Gehalt des Blutes an O und dem Verbrauch desselben innerhalb des Muskels könnte man zunächst in Parallele setzen wollen mit der von *L. Hermann* betonten Sauerstoffzehrung, welche der ausgeschnittene, blutleere Froschmuskel erleidet, wenn er im sauerstoffhaltigen Raume hängt. — Der ausgeschnittene blutleere Froschmuskel stirbt im O-freien und O-haltigen Raume ab; also liegt dem Absterben ein Vorgang zu Grunde, dessen schliesslicher Ablauf durch den anwesenden Sauerstoff weder bedingt, noch aufgehoben wird. Da aber dünnere Muskeln rascher, dickere langsamer in O-haltiger Luft absterben als in O-freier, so schliesst *L. Hermann*, dass der O auf den Ablauf des Absterbens von Einfluss sei und zwar so, dass eine der Verbindungen, die er eingehe, erhaltend, eine andre aber zerstörend

wirke. Die letztere erhalte das Uebergewicht, wo der Sauerstoff ungehindert zutreten könne.

Vergleichen wir hiemit die Wirkungen des arteriellen Blutstroms, so sehen wir allerdings auch hier, dass der Muskel mit und ohne Blut abstirbt. Aber unter dem Zutritt des sauerstoffhaltigen Blutes erhält sich der Muskel 17 bis 20 Stunden länger reizbar, als wenn er blutleer bleibt oder wenn ihm nur O-freies Blut geboten wird. Das muss man doch eine erhaltende Wirkung des O's nennen. Besteht daneben eine zerstörende, so muss diese in einem ganz andern Verhältniss zur erhaltenden stehen, als sie der in der Luft hängende Froschmuskel gewahren lässt, denn sonst müsste der Blutstrom, welcher den Muskel bis zu mikroskopischen Dimensionen herab mit O mischt, rasch absterben. Besteht dennoch eine Analogie zwischen den von *Hermann* und uns beobachteten Vorgängen, so dürfte es schwer fallen sie darzulegen, solange man auf die Wirkungen des Sauerstoffs nur durch die Reactionen der erregbaren Substanzen schliessen kann.

Wie dem auch sei, jedenfalls lehren die von uns beobachteten Thatsachen, dass das durch den Muskel strömende Blut ausgedehntere Oxydationen einleitet, als sie zur Erhaltung der Reizbarkeit beziehungsweise zur Verlangsamung ihres Absterbens nöthig sind. Dieses ergiebt sich daraus, weil der Muskel auf vollkommen gleicher Stufe der Erregbarkeit verharrte, mochte der Blutstrom rascher oder langsamer fliessen: ja er behauptet dieselbe sogar, selbst wenn der Blutstrom längere Zeit unterbrochen war. Ebensowenig aber, wie die Reizbarkeit durch die lebhaftere Oxydation anstieg, ebensowenig wurde sie auch durch dieselbe beeinträchtigt, wie dieses aus Versuch III und IV (pag. 43) hervorgeht, bei denen wir während mehrerer Stunden den Strom fortwährend mit der grössern Geschwindigkeit fliessen liessen.

Demnach besteht im Gegensatz zu den bisherigen Annahmen innerhalb des Muskels eine eigenthümliche Respiration, die unabhängig von den sog. Lebensvorgängen der contractilen Stoffe abläuft.

Betrachtet man die Bedingungen, unter denen sie vor sich geht, so kann man sich kaum der Vermuthung erwehren, dass ein Theil des Sauerstoffverbrauchs innerhalb der Blutgefässe selbst stattfinde, wobei es natürlich zunächst unentschieden

bleiben muss, ob, wie *Hoppe-Seyler* will, die Blutgefässwandungen oder ob irgend welche andre Umstände die Oxydation einleiten. Vergegenwärtigt man sich namentlich die Zeit, in welcher der O verschwindet, so erscheint sie kaum ausreichend, um auf dem Wege der Diffusion den reichlichen Austritt von O aus den Scheiben durch die Gefässwand hindurch zu ermöglichen.

Sollten künftige Untersuchungen lehren, dass auch in andern Capillarbezirken als in denen des Muskels der O-Verbrauch mit der Stromgeschwindigkeit des Blutes beziehungsweise mit dem O-Gehalt des letztern wachse, so würde die veränderliche Geschwindigkeit des Blutstroms eine bis dahin unerwartete Bedeutung gewinnen. Manche unbewiesene Behauptung würde in das Bereich der Thatsachen treten, wie z. B. die von *Cl. Bernard* befürwortete Wärmebildung nach Durchschneidung des n. sympathicus: und manche sichere Erfahrung würde anders zu deuten sein, wie z. B. die grössere Wärme des Blutes, das aus der thätigen Speicheldrüse oder aus einem entzündeten Glied zurückströmt.

Wir kehren zu unsern Versuchen zurück. Der Annahme, dass die Stromgeschwindigkeit desshalb maassgebend für den O-Verbrauch sei, weil sie den procentischen O-Gehalt des Muskelblutes regele, erwächst eine Bestätigung durch die folgenden Versuche, in welchen das mit ungleichem O-Gehalt begabte, im Uebrigen aber gleichartige Blut mit derselben Geschwindigkeit durch den Muskel floss.

N:o d. V.	Muskelgewicht.	Zeit.	Blutvolum für 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Minute.	O-Gehalt d. venösen Bluts.	O-Gehalt des art. Bluts.
I	?	0—104	0,28	0,001	0,00	0,47
		104—199	0,30	0,046	8,45	16,80
	194 Gr.	85—154	0,42	0,001	0,48	0,62
		198—260	0,43	0,038	7,11	15,04
		270—315	0,58	0,036	9,08	

Diese beiden Versuche halten wir ausser dem schon angeführten Grunde noch darum für der Erwähnung werth, weil sie, sich gegenseitig beleuchtend, zeigen, dass der ausgeschnittene Muskel dem Blute zwar die letzten Spuren von O entziehen

kann 1), dass aber dieses ganz ungemein langsam geschieht, da in II das venöse Blut trotz seiner geringen Stromgeschwindigkeit noch einen merklichen Antheil von O enthielt.

7. Sauerstoffverbrauch in verschiedenen Muskelzuständen. Den Einfluss, welchen die veränderlichen Zustände des Muskels auf den O-Verbrauch üben, haben wir namentlich untersucht: für die gleichnamigen Muskeln verschiedener Thiere im Maximum ihrer Reizbarkeit; für die Zustände der Ruhe, der Zuckung, der Ermüdung, der Erholung, der Starre und endlich für verschiedene Zeitabstände vom Beginn des Versuchs.

a. Um klar darzustellen, ob von der Gewichtseinheit gleichnamiger Muskeln, die verschiedenen Thieren entnommen sind, ungleiche Mengen von O verzehrt werden, müsste man selbstverständlich durch die aus den verschiedenen Thieren entnommenen Muskeln dasselbe Blut leiten. Ausserdem müssten die verschiedenen Muskeln sich in gleichen Zuständen, z. B. dem Maximum ihrer Reizbarkeit befinden, oder es müssten statt dessen mindestens die bestehenden Verschiedenheiten in den Lebenseigenschaften nach einem gemeinsamen Maassstab auszudrücken sein, und endlich es müsste die Geschwindigkeit des Stromes in allen Fällen die gleiche sein. Diesen Forderungen ist wiederum selbstverständlich keineswegs genügt in den Versuchen, welchen die folgenden Zahlen entnommen sind.

Sämmtliche Durchleitungen, die zu der folgenden Zusammenstellung benutzt sind, waren die ersten definitiven, welche an dem ausgeschnittenen Muskel vorgenommen wurden, sie sind demnach an Muskeln ausgeführt, die sich im Maximum der Reizbarkeit und Leistungsfähigkeit fanden, welche während der Versuchsdauer jedem der angewendeten Muskel zukam. Aus den bekannten Angaben ist die Stromgeschwindigkeit und der O-Verbrauch für 100 Gr. Muskelsubstanz berechnet, die Zahlen sind dann in absteigender Reihe nach der Grösse des Blutvolums geordnet, welche in einer Minute durch 100 Gr. Muskel geflossen war.

	Blut durchgegangen in 1 Minute.	O-Verbrauch in 1 Minute.	O-Gehalt in 100 art. Blut.
1	5,68	0,151	13,97
2	2,32	0,138	19,52
3	1,32	0,079	15,94
4	1,30	0,100	16,52
5	1,21	0,090	13,20
6	1,12	0,059	17,54
7	1,11	0,110	14,90
8	0,80	0,052	15,04
9	0,46	0,033	15,47

In diesen Zahlen spricht sich abermals das Gesetz aus, dass mit der Geschwindigkeit des Stroms auch der O-Verbrauch wächst. Zugleich aber leuchtet die specifische Wirkung der an dem Versuch betheiligten Stoffe (Muskel und Blut) hervor. So haben z. B. zwei Paare von Versuchen, nämlich 3 und 4 und andererseits 6 und 7 untereinander sehr annähernd gleiche Geschwindigkeit und doch ist ihr O-Verbrauch auffällig verschieden. Bemerkenswerther Weise strömte durch den Muskel 6, der etwa nur die Hälfte des O's band, wie Muskel 7, auch noch ein viel O-reicheres Blut, so dass die im sechsten Falle verminderte Zehrung an O keinesfalls abgeleitet werden kann von einem geringern Gehalt des Blutes an dieser Substanz. Da es jedoch nicht ausgemacht ist, ob das Blut nur durch seinen O-Gehalt für unsern Vorgang von Bedeutung ist, so müssen wir es unentschieden lassen, ob den Besonderheiten des Muskels der ungleiche O-Verbrauch bei gleicher Stromgeschwindigkeit zu verdanken ist.

b. Wir schreiten jetzt zu einem Vergleich des O-Verbrauchs während der Ruhe, der Zuckung und der durch letztere herbeigeführten Ermüdung. Bei diesen Versuchen wurde in den verschiedenen Zuständen je eines Muskels immer dasselbe Blut durchgeführt, auch wurde die Stromgeschwindigkeit möglichst gleich erhalten. Um dieses letztere zu erreichen bedarf es grosser Sorgfalt, da, wie schon früher erwähnt, der Muskel während der Ruhe, der Zuckung und der Ermüdung dem Strome verschiedenartige Hindernisse entgegensetzt. Dieser Umstand mag es erklären, dass in den folgenden Versuchen eine nicht noch vollkommnere Gleichheit der Geschwindigkeit erzielt wurde. — Die Zuckungen wurden bei

den mitzutheilenden Versuchen dadurch erzeugt, dass durch den ganzen Muskel elektrische Schläge geschickt wurden, die ihn durchweg in heftige Zuckungen versetzten. Der Reiz wurde verstärkt, wenn die Energie der Zuckungen nachliess. Um den Muskel während der Beobachtungszeit möglichst auszunutzen, wurden die Zuckungen nicht ununterbrochen erregt, sondern er wurde nur je während einer Secunde oder etwas länger tetanisirt und dann die Reizung eben so lange unterbrochen, so dass der Muskel etwa während der Hälfte der Beobachtungszeit in Contraction verharrte. Zum Schluss des Versuchs sahen wir, trotz der auf eine grosse Stärke gebrachten Reize, den Muskel viel schwächer zucken als Anfangs. — Beim Aufsammeln des zu untersuchenden Blutes wendeten wir die Vorsicht an, dass wir vom zweiten der mitgetheilten Versuche an die Reizung früher als das Auffangen des Zuckungsblutes beginnen liessen, damit während dieser vorgängigen Zuckung das Blut aus dem Muskel entfernt wurde, welches er noch von der frühern beim Ruhezustand erfolgten Zuleitung zurückgehalten. Eben so verdrängten wir durch den Blutstrom den blutigen Inhalt des Muskels, bevor wir nach beendeter Reizung das Ermüdungsblut auffingen. — Die Zeit der folgenden Tabelle ist vom Beginn des ersten Auffangens gerechnet.

Nr. d. V.	Zeit	Durchgeg. Blutvolum in 1 Min.	O-Verbr. in 1 Min. in CbC. bei 0° u. 1 Mt. *Hg*	Zustand d. Muskels.	O-Gehalt des venös. Blutes in 100 Thln.	Muskelgewicht.
I.	0—20	2,18 CbC.	0,071 CbC.	ruhend	10,74	
	20—40	2,22	0,170	zuckend	6,70	
	40—61	2,16	0,124	ermüdet	8,25	
II.	0—42*)	0,71	0,050	ruhend	8,58	
	75—116	0,75	0,051	zuckend	8,75	152 Gr
	124—172	0,68	0,085	ermüdet	10,04	
	178—214	0,85	0,088	ruhend	11,02	
III.	0—10	3,00	0,183	ruhend	9,89	
	30—46	1,95	0,216	zuckend	4,15	
	50—60	3,01	0,264	zuckend	7,20	227 Gr.
	90—100	2,98	0,272	ermüdet	6,82	
	104—119	2,68	0,182	ruhend	9,17	

*) Durch vorausgegangene 1/4stünd. Blutleere vielleicht etwas ermüdet.

Nr. d. V.	Zeit.	Durchgeg. Blutvolum in 1 Min.	O-Verbr. in 1 Min. in CbC. bei 0° in 1 Mt. *Hg*.	Zustand d. Muskels.	O-Gehalt des venös. Blutes in 100 Thln.	Muskelgewicht.
IV.	0—12,5	2,40CbC.	0,19CbC.	ruhend	6,83	
	16—28	2,50	0,22	zuckend	6,40	
	34—47	2,34	0,20	ermüdet	6,49	172 Gr.
	85—97	2,60	0,13	ruhend	9,92	
	105,5—118	2,40	0,11	zuckend	10,42	
	133,5—146	2,40	0,14	ermüdet	9,06	

Um den für diessmal wichtigen Inhalt der vorstehenden Tabelle noch deutlicher übersehen zu lassen, wird es nützlich sein, aus ihr abzuleiten den Unterschied, und ebenso das Verhältniss zwischen dem O-Verbrauch während der Zuckung oder Ermüdung einerseits und der Ruhe anderseits. Ein + in dem mit »Unterschied« überschriebenen Stabe bedeutet ein Uebergewicht des zuckenden oder ermüdeten Muskels über den ruhenden; die Proportionalzahlen sind durch Division des O-Verbrauchs während der Ruhe in den während der Zuckung oder Ermüdung gewonnen.

Vergleichung des Verbrauchs bei Ruhe und Zuckung.

	Unterschied.	Verhältniss.
I.	+ 0,099	2,39
II.	+ 0,001	1,02
IIIa.	+ 0,038	1,18
IIIb.	+ 0,081	1,44
IVa.	+ 0,030	1,16
IVb.	— 0,020	0,84

Vergleichung des O-Verbrauchs bei Ruhe und Ermüdung.

	Unterschied.	Verhältniss.
I.	+ 0,053	1,74
II.	— 0,016	0,70
IIIa.	+ 0,089	1,49
IIIb.	+ 0,090	1,50
IVa.	+ 0,01	1,05
IVb.	+ 0,01	1,09

Durch die Zuckung wird demnach in der Regel dem O-Verbrauch ein deutlicher Zuwachs zugeführt. Dieses Anwachsen ist jedoch nicht immer sichtbar, vielleicht darum, weil es

nicht gross genug ist um den Ausfall auszugleichen, der in dem zweiten, von der Muskelthätigkeit unabhängigen Zehrungsvorgang eintritt. Durch die Compensation der beiden verschiedenen, innerhalb des Muskels auftretenden Processe erklärt sich am einfachsten die zweite Beobachtung im vierten Versuch, in welcher während der Zuckung keine Vermehrung, sondern eine Verminderung des O-Verbrauchs eintrat.

Statt dieser Erklärung könnte man auch noch eine andere versuchen wollen. Da durch den Eintritt O-haltiger Körperchen in den Muskel ein Oxydationsprocess veranlasst wird, so könnte man meinen, dass der O des Hämoglobins während der Zuckung besser ausgenutzt werde als während der Ruhe. Diese Erklärung ist, wie man sieht, analog derjenigen, welche *L. Hermann* für den Froschmuskel versucht hat, der im lufthaltigen Raume zuckt. Für den unter unsern Verhältnissen zuckenden Muskel dürfte sie jedoch unanwendbar sein oder mindestens die Thatsachen nicht vollständig decken, weil der grössere O-Verbrauch sich auch noch in den Zeitraum der Ermüdung hinein erstreckt, in welchem der ruhige Muskel an der Blutbewegung nichts ändert.

Obwohl nun hiermit ein O-Verbrauch während der Zuckung dargethan ist, so ist damit doch keineswegs die Hoffnung erwachsen, dass wir aus der Grösse dieses letztern ein Maass für die vom Muskel ausgeführte Arbeit gewinnen könnten. Einstweilen erhebt sich gegen dieses Vorhaben der vorliegende Befund, wonach der Mehrverbrauch des O während der Contraction so beträchtliche Schwankungen darbietet. Hier kann man freilich mit Recht einwenden, dass möglicher Weise die Zuckung der verschiedenen Muskeln ebenfalls von sehr ungleichem Umfang gewesen sei. Gesetzt aber, wir liessen diesen Einwand gelten, so würde die Behauptung, dass der O-Verbrauch kein Maass für die Muskelarbeit sei, noch nicht fallen, weil man diesen, gleiche chemische Verwendung vorausgesetzt, doch nur dann dazu benutzen könnte, wenn man den Antheil an Sauerstoff, welchen die Contraction verbraucht, von demjenigen sondern könnte, welcher in dem nebenhergehenden Oxydationsprocess gebunden wird.

Die Triftigkeit dieses Grundes leuchtet vielleicht noch besser als es bisher schon geschehen ist ein, wenn wir eine Beobachtung hersetzen, bei der es uns nicht gelungen war, die Gleich-

heit der Stromgeschwindigkeit während Ruhe, Zuckung und Ermüdung zu erhalten.

Blutvolum in 1 Minute.	O-Verbrauch in 1 Minute.	O-Gehalt in 100 Th. des venös. Blutes.	Zustand des Muskels.
4,15	0,110	11,32	ruhend
2,12	0,077	10,33	zuckend
0,75	0,032	9,56	ermüdet

Der während der Zuckung und der Ermüdung vorhandene O-Verbrauch ist also hier sehr viel geringer als der während der Ruhe; dem Frühern gemäss offenbar darum, weil während der ersteren Zustände die Stromgeschwindigkeit geringer war.

Bevor wir in der Darstellung unserer Versuche weiter schreiten, wollen wir noch darauf aufmerksam machen, wie wenig geeignet die Bestimmung der gesammten Athemgase eines lebenden Wesens während der Ruhe und der Arbeit ist, um zu einer Kenntniss der O-Mengen zu gelangen, welche der arbeitende Muskel im Gegensatz zum ruhenden verbraucht. Die zum Theil beträchtlichen Unterschiede, welche man für die O-Aufnahme des ruhenden und arbeitenden Wesens gefunden, wurden bisher ohne Widerspruch auf die in der contractilen Substanz selbst stattfindenden Vorgänge bezogen. Nach unsern Versuchen ist dieses nicht mehr statthaft. Denn da im zuckenden Muskel das Blut in der Regel rascher als im ruhenden fliesst, so ist, ganz abgesehen von dem durch den Act der Zuckung selbst verbrauchten O, noch eine andre Ursache des Mehrverbrauchs durch den rascheren Strom gegeben. Also ist das Mehr des durch die Lunge einwandernden Sauerstoffs keineswegs allein durch die Vorgänge in der contractilen Substanz gefordert worden. — Aber man kann vielleicht noch weitergehend behaupten, dass der lebhaftere O-Verbrauch während der Muskelbewegung sogar nicht einmal allein vom Blutstrom und der Arbeit innerhalb des Muskels selbst abhänge, möglicherweise ist er mit bedingt durch die raschere Blutbewegung, welche auch in andern Körpertheilen, namentlich während einer ausgiebigen Muskelbewegung, darum einzutreten pflegt, weil durch die letztere der Inhalt vieler Venen in das Herz entleert wird, so dass nun dieses Blut dem Gesammtstrom zu Gute kommt. Die Gültigkeit dieser

Betrachtung dürfte auch durch die jetzt folgende Reihe von Bemerkungen nicht beeinträchtigt werden.

Da der ausgeschnittene vom künstlichen Strom gespeiste Muskel die charakterischen Eigenschaften seines erregbaren Stoffes in geringerer Mächtigkeit bewahrt als der in der natürlichen Lage sitzende, so ist zu vermuthen, dass während der Zuckung des erstern weniger O verbraucht wird als während der des normal gelagerten und gespeisten Muskels. Die Richtigkeit dieser Vermuthung zu prüfen würde es sehr complicirter, wenn überhaupt ausführbarer Versuche bedürfen. — In Ermangelung derselben kann man jedoch einen Wahrscheinlichkeitsbeweis für die obige Annahme antreten, indem man den procentischen Gehalt an O vergleicht, welchen das Venenblut besitzt, je nachdem es aus Muskeln des lebenden Thiers oder aus dem ausgeschnittenen Muskel geflossen ist. Indem wir eine solche Vergleichung ausführen, werden wir die von uns gefundenen Zahlen neben die Mittel- und Grenzwerthe des O-Gehaltes in dem Venenblut stellen, welches *Sczelkow* am lebenden Hund aufgefangen.

I. Versuche von *Sczelkow* am lebenden Thier.

	O-Gehalt im Arterienblut	O-Gehalt im Venenblut ruhender Muskel	O-Gehalt im Venenblut zuckender Muskel
Mittel	15,23	6,70	2,40
Grenzen	—	8,22—4,89	4,68—1,27.

II. Ausgeschnittener Muskel.

	O-Gehalt im Arterienblut,	O-Gehalt im Venenblut ruhend,	zuckend,	ermüdet,	zuckend 2,	ermüdet,	ruhend
I.	14,04	10,74	6,70	8,25	—	—	—
II.	15,47	8,58	8,75	10,04	—	—	11,02
III.	15,94	9,89	4,75	—	7,20	6,82	9,17
IV.	14,90	6,83	6,10	6,49	10,42	9,06	—
Mittel	15,08	9,01	6,52	8,26	8,81	7,94	10,11

III. Herzblut nach *Schöffer*.

	O-Gehalt des Arterienbluts	O-Gehalt des venös. Bluts
Mittel	14,61	9,05

Wir sehen, dass das Venenblut, welches aus dem zuckenden Muskel des lebenden Thieres zurückkommt, um ein sehr Beträchtliches ärmer an Sauerstoff ist als dasjenige, welches

den ausgeschnittenen Muskel verlässt. Allerdings übt auf den Procentgehalt die Dauer der Anwesenheit des Blutes innerhalb des Muskels einen bedeutenden Einfluss, und man könnte demnach geneigt sein, den Grund der Verschiedenheit in der ungleichen Stromgeschwindigkeit der verglichenen Blutarten zu finden; hiergegen liesse sich einwenden, dass aus dem zuckenden Muskel des lebenden Thieres das Blut mit ungleich grösserer Geschwindigkeit hervorstürze als aus dem ruhenden, und soweit der Augenschein lehrte, nicht minder rasch als aus dem ausgeschnittenen von uns zur Vergleichung herbeigezogenen. Diese Aussagen haben allerdings keine grosse Bedeutung, weil der Bezirk, aus welchem im lebenden Thier der Strom hervorging, gänzlich unbekannt ist. Aber selbst zugegeben, es sei der Strom im Muskel des lebenden Thiers ein viel langsamerer gewesen, so würde sich hieraus immer noch nicht erklären lassen der geringe Gehalt an O desjenigen Blutes, welches aus dem zuckenden Muskel des lebenden Thieres kam. In ihm ist die untere Grenze, bis zu welcher der O-Gehalt sank, 1,7 Procent, ein Werth, zu dem wir niemals am ausgeschnittenen Muskel gelangten, wenn der Strom des arteriellen Blutes auch noch so langsam durch ihn floss. Wir glauben daraus schliessen zu müssen, dass der lebendige Muskel energischer auf den O wirkt, als der ausgeschnittene.

Auf einen ähnlichen Unterschied deuten diejenigen unsrer Zahlen hin, die wir an demselben Muskel fanden, welcher zweimal hinter einander in Zuckungen versetzt wurde. Das Blut, welches während der ersten Zuckungsperiode ausfloss, war ärmer an O als das während der zweiten Zuckungsperiode gewonnene. Da diessmal die Ursache des ungleichen O-Gehaltes nicht auf eine verschiedene Stromgeschwindigkeit bezogen werden kann, so bleibt nur die Berufung an eine ungleiche Befähigung zum O-Verbrauch offen.

Nicht überflüssig dürfte die Bemerkung sein, dass das Mittel des O-Gehaltes, welches die verschiedenen Blutproben darboten, die aus dem ruhenden ausgeschnittenen Muskel hervorgegangen waren, innerhalb der Fehlergrenzen mit dem O-Gehalt des venösen Blutes übereinkommen, welches *Schöffer* aus dem rechten Herzen von mehreren lebenden Thieren gewonnen hat; demnach entfernt sich die Wirkung, welche der ausgeschnittene Muskel auf den O des arteriellen Blutes übt,

nicht allzu sehr von derjenigen des lebenden Gesammtthieres.

c. An die Beobachtung, dass bei einer zweiten Zuckungsperiode weniger O verbraucht wird als bei der ersten, schliesst sich die Frage an, ob auch der ruhende Muskel in dem Maasse weniger O verzehre, in welchem die Dauer seiner Abwesenheit aus seiner natürlichen Lagerstätte wächst. Um hierüber Aufklärung zu schaffen, liessen wir mehrmals durch einen ausgeschnittenen Muskel das Blut sehr lange Zeit hindurchgehen und fingen in Zeitabschnitten, die um mehrere Stunden von einander entfernt waren, einen Antheil desselben auf. Der Strom, welcher durch den immer ruhenden Muskel hindurchfloss, wurde bald mehr, bald weniger beschleunigt, so dass wir je zwei Blutproben aus einer raschern und einer langsamern Strömung erhielten, von denen je eine gewonnen war, als der Muskel erst seit Kurzem, die andere aber nachdem er schon seit drei bis nahezu sechs Stunden ausgeschnitten gewesen. Die folgende Tabelle giebt das gewonnene Resultat wieder. In zweien der mitgetheilten Versuche haben wir den Strom auch noch durch den in Starre übergegangenen Muskel geleitet. In dem einen derselben (II) trat die Starre wider unsern Willen ein, nachdem der Strom während zwanzig Stunden ununterbrochen durch den ruhenden Muskel angedauert hatte. In dem andern (III) führten wir dagegen die Starre absichtlich durch Blutleere herbei, nachdem der Muskel etwa zwei Stunden (die Vorbereitung mit einbegriffen) vom künstlichen Strom durchsetzt war. Dieser letztere Muskel war ausgezeichnet durch die Hartnäckigkeit, mit welcher er in der Blutleere seine Reizbarkeit festhielt. Erst sieben Stunden nachher, als der Blutstrom unterbrochen war, verschwanden die letzten Spuren seiner Erregbarkeit.

Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbr. in 1 Min.	O in 100 Th. Venenblut.	O in 100 Th. Arterienblut.	Muskelzustand.
I. 0—21	1,52Ccm.	0,08Ccm.	12,05		
168—195	1,80	0,14	5,87		
379—401	1,87	0,09	10,75	17,54	
21—78	0,69	0,04	11,17		
267—319	0,58	0,05	9,85		

	Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbr. in 1 Min.	O in 100 Th. Venenblut.	O in 100 Th. Arterienblut.	Muskelzustand.
II	0—29	1,08Ccm.	0,06Ccm.	9,28		
	292—323	0,93	0,08	6,98		
	54—112	0,51	0,05	5,90	11,70	
	354—412	0,57	0,04	6,98		
	1200—1212	2,56	0,10	10,48		todtenstarr
III.	0—8,5	3,53	0,21	13,59		
	55—64	3,39	0,19	13,44		
	20—47	1,11	0,10	10,60	19,52	
	72—99	1,11	0,07	12,81		
	673—790	1,88	0,15	11,42		todtenstarr
	801—844	0,69	0,07	10,27		

Aus der Vergleichung je zweier, durch gleiche Geschwindigkeit erlangten Blutproben, die sich dadurch von einander unterschieden, dass die eine früher und die andere erst um mehrere Stunden später aufgefangen wurde, ergiebt sich, dass der O-Verbrauch im ruhenden Muskel mit der wachsenden Zeit nicht wesentlich abnimmt. Allerdings ist er nicht zu allen Zeiten genau derselbe, aber es fällt keineswegs die grössere O-Zehrung immer auf den Beginn der Beobachtungszeit, daraus wäre also die vielleicht nicht unwichtige Folgerung zu ziehen, dass der O-Verbrauch im ruhenden Muskel eine andere Abhängigkeit von der Zeit darbietet, als in dem zuckenden. Die Beobachtungen an todtenstarren Muskeln sind ihrer geringen Zahl wegen und auch darum, weil in ihnen der Blutstrom mit andern Geschwindigkeiten floss, als dieses an dem noch lebenden Muskel geschehen war, zu quantitativen Urtheilen nicht geeignet, immerhin dienen sie jedoch zum Beweis dafür, dass auch der todtenstarre Säugethiermuskel dem Blute Sauerstoff entzieht, ähnlich wie wir dieses von einem todtenstarren Froschmuskel wissen, welcher in O-haltiger Luft frei aufgehängt ist. Die Geschwindigkeit, mit welcher hier der O in dem Blut verbraucht wird, ist dem Anschein nach kaum geringer als unter ähnlichen Bedingungen im lebenden Muskel Der O-Verbrauch in todtenstarren Muskeln unter den hier bestehenden Umständen dürfte noch eine weitere Untersuchung verdienen, um zu entscheiden, ob zu seiner Einleitung die Anwesenheit gewisser Lebenserscheinungen in der Wand der Blutgefässe nothwendig ist.

d. Wir wenden uns jetzt zu der Beziehung, welche zwischen dem O-Verbrauch und der Wiederbelebung des vollkommen ermatteten Muskels besteht. Wir haben oben schon darauf hingewiesen, dass ein Muskel, der in Folge einer andauernden Blutleere seine Reizbarkeit vollständig eingebüsst hat, diese nur dann wieder zu gewinnen vermag, wenn er von O-haltigem Blut durchflossen wurde, während ein O-freies durch Eisen reducirtes Blut dieses nicht zu erreichen vermag. Somit lag es nahe, den O-Mengen genauer nachzugehen, welche für die Herstellung der Reizbarkeit nothwendig sind. Dass diese Versuche eine ganz besondere Sorgfalt erfordern, war uns schon früher klar geworden, als wir das Verhalten der Reizbarkeit gegen verschiedene Blutarten prüften. Damals war schon zu bemerken, wie rasch der O-haltige Blutstrom die verlorne Erregbarkeit wieder hervorrief; beispielsweise seien die folgenden Fälle erwähnt.

1. Blutleere während 128 Minuten; vollkommener Verlust der Erregbarkeit; die letztere kehrt nicht wieder während einer 38 Minuten anhaltenden Durchleitung von reducirtem Blut; als darauf in folgenden drei Minuten 13,5 Ccm. arterielles Blut durchgeflossen waren, war die Reizbarkeit nahezu wieder auf den Punkt gehoben, den sie vor der Blutleere eingenommen.

2. Durch den Muskel wird Erstickungsblut geleitet; nachdem der Strom 92 Minuten gedauert, ist der Muskel vollkommen ermüdet. Hierauf beginnt die Einführung desselben Erstickungsblutes, welches jedoch durch einen Zusatz von O hellroth gemacht worden war. 7 Ccm. dieses besauerstofften Erstickungsblutes waren genügend, um dem Muskel seine frühere Reizbarkeit nahezu wieder zurückzugeben.

Durch diese und ähnliche Versuche belehrt, gaben wir der einzigen quantitativen Beobachtungsreihe, die wir anstellten, folgende Anordnung. Der Muskel ward auf das Sorgfältigste vorbereitet, so dass kein Tröpfchen durch Blutung verloren ging, darauf ward er in den Raum des bedeckten Glastellers gelegt und mit den Elektroden in Verbindung gebracht; war dies geschehen, so begann der definitive Blutstrom. Kurze Zeit nachher ward der Rollenabstand ermittelt, bei dem die minimale Zuckung eintrat. Nachdem hierauf der Blutstrom noch etwa 10 Minuten gedauert hatte, unterbrachen wir denselben. Trotzdem dass jetzt die Zufuhr von Blut unterbrochen war, tropfte doch

noch von Zeit zu Zeit aus dem Glasröhrchen, welches in die Vene eingebunden war, etwas Blut ab, das offenbar durch Veränderungen, die innerhalb des Muskels stattfanden, beziehungsweise durch die Schwere desselben ausgepresst worden war. Danach konnte man voraussehen, dass auch mit dem Wiederbeginn des Stroms die Blutmasse, welche aus der Vene hervorlief, geringer als die zugeflossene sein würde, da die unter dem Stromdruck ausgedehnten Gefässe einen Theil des zugeflossenen zurückbehalten würden. Um diesen Antheil zu messen, setzten wir vor die Arterie ein kalibrirtes Zuflussrohr, so dass wir beim Wiederbeginn des Stromes gleichzeitig die zu- und die abgeflossenen Volumina ablesen konnten. Aus dem Unterschied beider Werthe ergab sich die Menge des im Muskel zurückbehaltenen Blutes. Bevor der Strom in der beschriebenen Weise seinen Anfang nahm, wurde die Blutleere so lange fortgesetzt, bis der Muskel die heftigsten Reize nicht mehr mit sichtbaren Zuckungen beantwortete. War dieser Zeitpunkt eingetreten, so wurde nun das Blut aus den graduirten Zuflussgefässen zugelassen und von Minute zu Minute die Menge des aus ihm zum Muskel geflossenen abgelesen. Zugleich wurde der Muskel auf seine Reizbarkeit von Minute zu Minute geprüft, wobei der wachsenden Reizbarkeit entsprechend die Drähte aus dem Hohlraum der primären Rolle hervorgezogen und die Abstände beider Rollen vergrössert wurden. Wie in früheren Fällen, so kehrte auch hier die Reizbarkeit viel eher wieder zurück, als bis aus der Vene 30 Ccm. abgeflossen waren, d. h. so viel, als zur sichern Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Blute nothwendig war. Wir sahen uns desshalb gezwungen, auch nach vollkommener Herstellung der Reizbarkeit den Strom so lange fortdauern zu lassen, bis wir die nöthige Blutmenge aufgefangen hatten. Um nun zu schätzen, wie viel O zur Wiederherstellung der Reizbarkeit nothwendig gewesen, machten wir die Voraussetzung, dass der zu allen Zeiten gleich geschwinde Strom in jedem Zeittheil vom Anfang bis zu Ende gleichviel O eingebüsst habe. Die Annahme, dass der mittlere O—Verlust in der That für alle Zeittheile zu gelten habe, ist jedoch nicht vollkommen zutreffend, da das Blut, welches nach Wiederbeginn des Stroms zuerst aus der Vene in das Glasröhrchen übertritt, um ein Merkliches dunkler als dasjenige ist, welches einige Minuten später hervorgeht, somit unterschätzen wir also den

anfänglichen O-Verbrauch und überschätzen den später eintretenden. Wir kennen kein Mittel, um diesen kleinen Fehler zu vermeiden.

Der auf diese Weise angestellte Versuch verlief folgendermassen

Gewicht des Muskel 209 Gr.

Erste Durchleitung durch den reizbaren Muskel.

Die folgenden Zeiten sind vom Beginn der ersten Sammlung des Blutes an gezählt.

Zeit in Minuten	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Min.
von 0—11′	2,72 Ccm.	1,21 Ccm.

Hierauf wurde der Strom bis zur 194. Minute unterbrochen; der Muskel zeigte trotz Anwendung der stärksten Ströme keine Zuckungen mehr. Als dieser Zeitpunkt eingetreten, beginnt der Strom des arteriellen Blutes von Neuem; von dem Blut, welches aus den gläsernen Venencanülen ausfloss, wurden zunächst 4 Ccm. fortgelassen und darauf das Blut zur Analyse gesammelt.

Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Min.
197—221	1,96	0,19

Bis zu 221 Minuten waren im Ganzen 52 Ccm. zugeflossen, dagegen aus der Vene hervorgekommen 41 Ccm., also verblieben im Muskel 11 Ccm. In dem Zeitraum von 197—221 Minuten wurde die Reizbarkeit geprüft und gefunden:

Erste Spuren von Zuckungen durch sehr starke Reize, nachdem 10 Ccm. Blut in den Muskel geflossen und 0,95 Ccm. O (bei 1 Mt. *Hg*druck und 0° C.) verbraucht waren. — Die Reizbarkeit war dagegen der ursprünglichen nahezu gleich als 40 Ccm. Blut zugeflossen, beziehungsweise 3,79 Ccm. O verbraucht waren. — Die Reizbarkeit ist wieder auf dieselbe Stufe angelangt, wie sie vor der Blutleere gewesen, als 52 Ccm. Blut eingeflossen beziehungsweise 4,93 Ccm. O verbraucht waren.

Zweite Durchleitung. Nachdem dies geschehen, wurde der Strom alsbald wieder unterbrochen, so dass der Muskel von der 223sten bis zu der 319ten Minute blutleer blieb. In diesem Zeitraum tropfte die von der frühern Leitung zurückgehaltene Blutmenge aus dem Muskel wieder ab, am Ende dieser Zeit zuckte der Muskel trotz der Anwendung sehr starker Ströme nicht mehr.

Mit der 319. Minute beginnt der Strom. Nachdem 4 Ccm. nach Aussen abgelassen waren, wurde zur Analyse aufgefangen.

Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Min.
323—338.	2,41	0,23

Zugeflossen waren im Ganzen 43,5 Ccm., abgeflossen waren 34,0, also waren im Muskel zurückgeblieben 9,5 Ccm.

Die Reizbarkeit der erregbaren Stellen in der Umgebung des Nerveneintritts hatte sich schon sehr merklich gehoben als 15 Ccm. Blut eingeflossen, beziehungsweise 1,21 Ccm. O verbraucht waren. — Die Reizbarkeit hat sich auf die ursprüngliche Stufe erhoben, als 43 Ccm. Blut eingeflossen und 3,54 Ccm. O verbraucht waren.

Der Blutstrom ward darauf mit immer gleicher Geschwindigkeit fortgesetzt, wobei der Muskel sich auf gleicher Reizbarkeit erhielt, darauf wurde aufgefangen.

Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Min.
380—391	2,72	0,15

Von der 406. Minute an wurde der Strom unterbrochen bis zur 449. Minute, worauf die Reizbarkeit vollständig erloschen war. Der Strom begann jetzt von Neuem und als 14 Ccm. Blut zugeflossen waren, hatte sich schon ein mässiger Grad von Reizbarkeit wieder eingefunden.

Dieser genau durchgeführte Versuch bestätigt also vollkommen das, was die früheren qualitativen Beobachtungen gelehrt hatten. Die in Folge der Blutleere erloschene Reizbarkeit kehrt nach einem äusserst geringen Verbrauch von O wieder zurück.

Ein Ccm. O bei 1 Mt. *Hg*druck und 0° wiegt 1,907 Milligramm, demnach waren in der ersten der beiden vorstehenden Beobachtungen 1,8 Mgr. O genügend, um einen Muskel von 209 Gramm Gewicht wieder merklich reizbar zu machen und 7,4 Mgr. O, beziehungsweise 6,7 Mgr. O genügten, um in ihm die Reizbarkeit wiederum so vollständig herzustellen, wie sie im Beginn des Versuchs gewesen war. Diese in Anbetracht des grossen Muskelgewichts schon an und für sich äusserst geringfügigen Zahlen sind aber offenbar noch viel zu hoch gegriffen. Wir haben früher gesehen, dass in dem Muskel noch ein zweiter sauerstoffverbrauchender Vorgang abläuft,

der mit der Erhaltung der Reizbarkeit nichts zu schaffen hat. Dieser letztere wird also auch hier neben demjenigen hergegangen sein, welcher, indem er O verbrauchte, die Reizbarkeit wieder hergestellt hat. Ueber den Betrag an O, welcher jedem einzelnen der beiden genannten Vorgänge zu Gute gekommen ist, sagt unsre Beobachtung nichts aus, da in dem einen Fall vor der Ermüdung in der Zeiteinheit mehr O verbraucht wird, als während der Wiederherstellung der Erregbarkeit. — Im zweiten Fall fand dagegen das Umgekehrte statt. Daraus scheint hervorzugehen, dass der O-Verbrauch, welcher zur Wiederherstellung der Reizbarkeit nothwendig ist, durch die Variation der andern Zehrungsprocesse verdeckt werden kann. Wäre also nicht durch sorgfältige Versuche mit O-freiem Blut der Nachweis geliefert, dass ohne die Anwesenheit des O die Erregbarkeit nicht zurückkehrt, so würde es selbst den genauesten Methoden schwer fallen, auf quantitativem Wege die Nothwendigkeit des O darzuthun. — Hiemit findet, wie es scheint, die Streitfrage zwischen *G. v. Liebig* und *L. Hermann* ihre Erledigung; die Folgerung *Liebig's* bezüglich der Nothwendigkeit des Sauerstoffs zur Erhaltung der Reizbarkeit bleibt bestehn, wenn auch *Hermann* nach seinen Untersuchungen mit Recht behaupten darf, es lasse sich aus dem messbaren O-Verbrauch kein Beweis für den obigen Satz erbringen.

Eine genauere Verfolgung der Erscheinungen, welche die Wiederherstellung der Reizbarkeit unter dem Einfluss des O begleiten, wird unzweifelhaft noch zahlreiche Thatsachen zu Tage fördern und unsre Vorstellungen klären über das Verhältniss der Reizbarkeit zur Leistungsfähigkeit, ferner über den Ort, an welchem die Bindung des O vor sich geht u. A. Bei dem gegenwärtigen Stand unsrer Erfahrungen liegt es nahe anzunehmen, dass der Sauerstoff zunächst nur auf die Reizbarkeit, keineswegs aber auf die Gruppe von Einrichtungen wirke, deren Resultirende die Leistungsfähigkeit ist. Offenbar hat es einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich, dass an der Ausführung einer Arbeit beziehungsweise der sie begleitenden Verschiebung der Muskeltheilchen diese letzteren insgesammt betheiligt seien. Ist dieses der Fall, sind also, damit eine Leistung ausgeführt werden könne, dem weitaus grössten Theil der Muskelmasse gewisse Eigenschaften nothwendig, so ist nicht einzusehen, wie dieselben, wenn sie einmal verloren gegangen sind,

durch eine so geringe Menge von O wieder hergestellt werden können Stellen wir uns dagegen vor, dass innerhalb des Muskels neben der Gruppe von Stoffen und Einrichtungen für die Leistungsfähigkeit eine andere bestehe, unter deren Mitwirkung die Reizbarkeit zu Stande kommt, so liegt nichts im Wege, anzunehmen, dass dieser letztere nur einen sehr kleinen Antheil der Muskelmasse ausmache, obwohl sie durch die ganze Substanz des Muskels hindurch verbreitet sei. Diese Masse würde als diejenige anzusehen sein, welche durch den Reiz zunächst in Bewegung gesetzt würde und welche, wenn dieses geschehen, dann erst die Gruppe der leistungsfähigen Bestandtheile zu Contractionen veranlasste. Zu dieser oder einer ähnlichen Vorstellung ist man, wie wir glauben, nicht allein durch die geringe Menge des zur Erholung nöthigen Sauerstoffs gedrängt, sondern auch durch die von uns früher betonte Thatsache, dass der künstliche Blutstrom die verlorne Leistungsfähigkeit. wenn überhaupt, so jedenfalls nur in beschränktem Maasse, wieder herstellen kann.

Ein eigenthümliches Licht auf die Stellung des Sauerstoffs zu den Einrichtungen, von welchen die Reizbarkeit abhängt, wirft die von uns beobachtete und schon früher erwähnte Thatsache, dass in dem ersten Stadium in der Blutleere die Reizbarkeit über ihr früheres Maass anwächst. Wir wollen aus ihr keine weiteren Hypothesen ableiten, wir erwähnen sie hier nur noch einmal, um die Aufmerksamkeit der künftigen Beobachter auf sie zu lenken.

8. Die CO_2-Bildung im Muskel. — Unsere Methode zum Auffangen des Blutes lässt, wie wir schon erwähnt haben, den Verdacht berechtigt erscheinen, dass eine, wenn auch geringe Menge von CO_2 durch Diffusion aus dem Venenblut entwichen sei, bevor dasselbe in unsere Sammelröhrchen gelangte. Dieser Umstand lässt es uns gerathen erscheinen, von einer so umfänglichen Benutzung unsrer über jenes Gas gesammelten Thatsachen abzustehen, wie wir sie den auf das Sauerstoffgas bezüglichen angedeihen liessen. Wir halten uns dagegen für berechtigt, aus unsern Versuchen die Folgerungen abzuleiten, welche durch die eingetretene Diffusion nicht beeinträchtigt waren. Hiezu zählen wir zunächst solche Beobachtungen, bei welchen an demselben Muskel der Strom mit gleicher Geschwindigkeit durch die Vene floss. Da in diesen Fällen die

verschiedenen Blutmassen während sehr annähernd gleicher Zeiten der Diffusion ausgesetzt und in der Regel rücksichtlich ihres Gehaltes an CO_2 nicht sehr verschieden waren, so darf man annehmen, dass der vorhandene Verlust für jede derselben ein gleicher gewesen sei.

a. Die erste unserer Betrachtungen bezieht sich auf den Unterschied in der CO_2-Bildung, während der Muskel ruht, zuckt oder ermüdet ist. Die Zusammenstellung der Zahlen aus den zu unserm Zweck brauchbaren und schon früher erwähnten Versuchen (p. 50) an 4 verschiedenen Muskeln führt zu der folgenden Tabelle. — Unter dem ersten Stabe derselben steht die Zeit von der Sammlung der ersten zur Analyse dienenden Blutmenge an gerechnet, unter der zweiten steht der Zustand des Muskels während der Sammlungszeit des Blutes, in der dritten Reihe steht die Blutmenge in Ccm., welche in je einer Minute während der Sammlungszeit aus der Vene floss. Die vierte Zahlenreihe giebt an, wie viel CO_2 (in Ccm. bei 1 Mt. *Hg*druck und 0° C.) in je einer Minute während der Zeit der Durchleitung gebildet wurde. Bei den unter dem fünften Stabe stehenden Verhältnisszahlen der gebildeten CO_2-Mengen ist die während der Ruhe gebildete CO_2 als die Einheit angenommen. Bei der Erwerbung dieser Zahlen wurden im Uebrigen selbstverständlich alle die Vorsichtsmassregeln in Anwendung gebracht, deren wir uns, wie Seite 49 erwähnt, bedienten.

Zeit des Aufsammelns in Minuten.	Muskelzustand.	Blut in der Minute.	CO_2 in der Minute.	Verhältniss ruhend = 1.	CO_2 in 100 Th. art. Blut.	Muskelgew
0—20	ruhend	2,18 Ccm.	0,086 Ccm.			
20—40	zuckend	2,36	0,187	3,80	17,09	—
40—61	ermüdet	2,16	0,116	3,22		
75—116	zuckend	0,75	0,055	1,22	19,29	153
124—172	ermüdet	0,68	0,038	0,84		
178—214	ruhend	0,85	0,045			
0—10	ruhend	3,00	0,229			227
50—60	zuckend	3,01	0,308	1,34	24,12	
90—100	ermüdet	2,98	0,277	1,21		

Zeit des Aufsammelns in Minuten.	Muskelzustand.	Blut in der Minute.	CO_2 in der Minute.	Verhältniss. ruhend = 1.	CO_2 in 100 Th. art. Blut.	Muskelgew.
0—12,5	ruhend	2,40 Ccm.	0,26 Ccm.		21,02	172
16—28	zuckend	2,50	0,19	0,73		
34—47	ermüdet	2,34	0,26	1,00		
85—97	ruhend	2,60	0,22			
105—118	zuckend	2,40	0,19	0,86		
138—146	ermüdet	2,40	0,20	0,91		

Nur in der Mehrzahl der Einzelbeobachtungen, keineswegs jedoch in allen zeigt sich die Menge der CO_2 innerhalb des Venenblutes vermehrt, wenn dieses aus dem zuckenden oder dem ermüdeten Muskel hervorströmt. Trotz des unbeständigen Erfolgs scheint es dennoch als ob die Steigerung der CO_2-Bildung, *in den* Fällen wo sie stattfand, von der Zuckung bedingt worden *sei*. Auf eine Zusammengehörigkeit beider Vorgänge deutet mindestens der Umstand, dass die CO_2 sich mit dem Eintritt der Zuckung plötzlich mehrt und mit ihr bis in die Periode der Ermüdung hinein andauert. Unsere Annahme wird ferner unterstützt durch die Beobachtungen, welche *Sczelkow* am lebendigen Muskelblut und *L. Hermann* am ausgeschnittenen Froschmuskel anstellten. Beide Beobachter fanden, dass durch die Zuckung der CO_2-Bildung Vorschub geleistet werde. Zugleich fehlt es nicht an Auswegen, um mit der vorstehenden Auslegung unserer Versuche das Vorkommen in Uebereinstimmung zu bringen, bei welchem das Venenblut des zuckenden oder ermüdeten Muskels weniger CO_2 ausführt als das des ruhenden. Will man sich nicht zu der an und für sich zulässigen Meinung bekennen, dass es auch Zuckungen geben könne, die ohne eine gesteigerte Neubildung der genannten Säure ablaufen können, so kann man annehmen, dass die während der Zuckung im vermehrten Maasse entstandene CO_2 den Gehalt des Blutes an derselben darum nicht auf oder über den des ruhenden Venenblutes gebracht habe, weil die andere von den Muskelzuständen unabhängige CO_2-Bildung in den angegebenen Fällen aus unbekannten Gründen verringert war. Diese letztere Unterstellung erscheint um so weniger als eine gesuchte, weil es den Anschein hat, als ob der ausgeschnittene Muskel auch während der Ruhe in einem besondern Verhältniss zur CO_2-Bildung stehe.

b. Ueber das Verhältniss des verbrauchten O's zur neugebildeten CO_2. — Die Beobachtungen von *Sczelkow* über das Verhältniss $\frac{CO_2}{O}$ im ruhenden und zuckenden Muskel, haben zu der Meinung geführt, dass im Gegensatz zur Ruhe während der Zuckung CO_2 gebildet würde, ohne Zuthun des Sauerstoffs, welchen das arterielle Blut in den Muskel einführt. Diese Annahme schien ihre Bestätigung zu finden durch Athmungsversuche am Kaninchen und nicht minder durch die rasch berühmt gewordenen von *Pettenkofer–Voit* am Menschen ausgeführten Beobachtungen. Die Erfahrungen am ausgeschnittenen Muskel gewähren jedoch den ebenerwähnten Thatsachen keine Unterstützung. — Da die Beobachtungen über den Sauerstoffverbrauch (p. 50) und die über CO_2-Bildung (p. 64) an denselben Muskeln und aus demselben Blut gewonnen sind, so lässt sich das Verhältniss $\frac{CO_2}{O}$ aus ihnen ableiten.

Zustand des Muskels.	O-Verbrauch in 1 Minute.	CO_2-Gewinn in 1 Minute.	$\frac{CO_2}{O}$
I. ruhend	0,071	0,036	0,51
zuckend	0,170	0,137	0,81
ermüdet	0,124	0,116	0,94
II. schwachermüdet	0,050	0,067	1,33
zuckend	0,051	0,055	1,08
ermüdet	0,085	0,088	1,08
ruhend	0,028	0,045	1,[illegible]
III. ruhend	0,183	0,129	1,25
zuckend	0,264	0,308	1,17
ermüdet	0,272	0,177	1,02
IV. ruhend	0,19	0,26	1,34
zuckend	0,22	0,19	0,87
ermüdet	0,20	0,26	1,31
ruhend	0,13	0,22	1,73
zuckend	0,11	0,19	1,74
ermüdet	0,14	0,20	1,41

Rücksichtlich der Frage über die Erhöhung der Verhältnisszahl $\frac{CO_2}{O}$ geht also aus der vorstehenden Zusammenstellung hervor, dass der betreffende Werth, während die Zuckung ein-

mal ein grösserer, dreimal ein kleinerer und einmal gleich derjenigen während der Ruhe war. Ganz dasselbe Verhalten bietet sich, wenn man den beregten Quotienten während der Ermüdung und der Ruhe mit einander vergleicht. — Somit giebt, wie schon erwähnt, die angestellte Vergleichung keine Veranlassung zu der Meinung, dass der zuckende ausgeschnittene Muskel vorzugsweise zu einer Zerspaltung seiner Molecüle und einer hieraus folgenden CO_2-Bildung geneigt sei.

Die vorstehenden Zahlen liefern dagegen das andre auffallende Ergebniss, dass innerhalb des ausgeschnittenen Muskels in der Regel und zwar in allen seinen Zuständen während der Ruhe, Zuckung und Ermüdung mehr CO_2 entsteht, als aus den locker gebundenen O-Massen des Oxyhämoglobins hervorgeben kann.

Zur weitern Sicherstellung dieser Erscheinung wollen wir auch noch unsere andern CO_2-Bestimmungen herbeiziehen, in welchen die Folgen des Verlustes an CO_2 nicht eliminirt sind. Vorausgesetzt, dass ihre Aussagen zu Gunsten der eben gegebenen ausfallen, sind sie zur Führung eines Beweises geeignet. Denn wenn sie, obwohl sie mit dem Verdacht des CO_2-Verlustes behaftet sind, dennoch einen Quotienten $\frac{CO_2}{O}$ liefern, der die Einheit übersteigt, so ist sicher erwiesen, dass der O des Oxyhämoglobins zur Säurebildung nicht genügt habe.

Ausser den auf der vorstehenden Seite besprochenen Muskeln haben wir noch durch 8 andere arterielles Blut geleitet und den O und die CO_2 des Blutes untersucht. Die Dauer der Strömung, aus welcher das zu analysirende Blut hervorging, beträgt bei jedem dieser Muskeln lange Zeit. Wenn wir demnach die O-Menge nehmen, welche während dieser ganzen Zeit verbraucht und sie in die CO_2 dividiren, welche während dess gebildet wurde, so erhalten wir eine Auskunft, die sich über einen beträchtlichen Bruchtheil der Lebensdauer erstreckt, die dem Muskel noch vergönnt war. In der folgenden Zusammenstellung finden sich die hier einschlagenden Zahlen.

	Zustand des Muskels.	Gesammte Zeit der Durchleitung.	Gesammt. Blutmeng.	Gesammter O-Verlust.	Gesammter CO_2-Gewinn.	$\frac{CO}{O}$
I	17 Min. zuck.	88 Min.	118Ccm.	4,18	4,31	1,03
II	ruhend	209	147	7,44	10,13	1,36
IIIa	ruhend	82	124	9,61	7,67	0,80
IIIb	ruhend	23	63	4,59	4,13	0,90
IVa	ruhend	76	188	12,23	12,21	1,00
IVb	ruhend	37	94	7,40	8,40	1,10
V	ruhend	61	146	11,12	11,55	1,04
VIa	ruhend	169	153	11,91	12,68	1,05
VIb	ruhend	69	92	6,80	8,17	1,20
VII	ruhend	176	120	9,40	5,34	0,57
VIIIa	ruhend	71	124	8,09	7,33	0,91
VIIIb	ruhend	17,5	60	3,50	4,19	1,20

Bevor wir aus den mitgetheilten Zahlen ein Resultat ziehen, werden wir erst den Grund angeben müssen, warum in der Tabelle die Muskeln III, IV, VI, VIII je zweimal erscheinen. An diesen Muskeln wurden die Versuche über die Aenderungen der Blutgase durch den ungleich raschen Blutstrom angestellt. Wir erhalten somit an ihnen Zeitabschnitte der langsamen und der raschen Strömung. Nun ist es offenbar, dass, wenn ein CO_2-Verlust eintrat, dieser während der raschen Strömung geringer als während der langsamen sein musste. Während der langsamen Strömung konnte möglicherweise der Verlust so weit angewachsen sein, dass hierdurch der wahre Werth von $\frac{CO_2}{O}$ wesentlich beeinträchtigt worden wäre, während dieser Schaden zur Zeit der raschen Strömung weniger zu befürchten war. Aus diesem Grund haben wir nicht nur die Resultate der Gasbewegung während der gesammten Dauer des Stroms eingeschrieben, sondern auch diejenigen, welche während der Zeit des rascheren Stroms gefunden wurden. Bei einer Vergleichung des Bruches $\frac{CO_2}{O}$ von IIIa mit IIIb u. s. f. wird man in der That gewahren, dass derselbe für die Zeiten der rascheren Strömung jedesmal einen höheren Werth erhält als für die Zeiten der gesammten. Hieraus scheint sich also unsere Befürchtung eines CO_2-Verlustes während der letztern zu bestätigen.

Die Verhältnisszahl $\frac{CO_2}{O}$ erreicht und übersteigt, wie die Tabelle sehen lässt, in 5 Muskeln die Einheit wenn man die

Mittel aus der gesammten Stromzeit in Betracht zieht; wenn man dagegen die Zeiten der raschern Strömung zur Bildung der genannten Verhältnisszahl benutzt, so geben 6 Muskel einen die Einheit übersteigenden Werth des Quotienten; der 7. erreicht sie nahezu, so dass unter den 8 Muskeln nur einer übrig bleibt, welcher stark aus der Reihe fällt. Unter diesen Umständen wird man sich nicht dem Vorwurf der Uebertreibung aussetzen, wenn man diese Beobachtungen als einen Beweis dafür ansieht, dass in der Regel der ausgeschnittene Muskel zur CO_2–Bildung mehr O verbraucht als er aus dem lose gebundenen der Blutscheiben beziehen kann.

Einen nicht minder entscheidenden Beweis erhält man aus den Durchleitungen des Blutes, das wenig oder gar kein O enthält. Der Versuch mit entsauerstofftem Blute führt jedoch nur dann zu einem deutlichen Resultat, wenn man in die Arterie ein Blut mit nicht allzu grossem Gehalt an CO_2 einleitet. Zuerst übersahen wir die Bedeutung des letztern Umstandes und führten durch einen Muskel Erstickungsblut mit 38,7 bez. 40,87 Proc. CO_2. In zwei auf einander folgenden Leitungen kehrte das Blut mit 35,40 und beziehungsweise mit 43,77 Proc. beladen zurück. In dem einen Fall hatte es also CO_2 eingebüsst, in dem andern daran gewonnen. Ob der Verlust innerhalb des sehr langsamen Stromes im Muskel oder durch die Venenwand in die Luft geschah, wissen wir nicht.

Durch diesen Versuch belehrt, wendeten wir später Blut an, das zuerst durch Schütteln mit Luft eines grossen Theils seiner CO_2 beraubt und welchem dann durch Eisen der O entzogen war. Einen Fall, in welchem dieses letztere nahezu gelungen, theilen wir ausführlich mit, der Muskel wog 194 Gramm, er wurde nur, soweit dies zur Prüfung der Reizbarkeit nothwendig, gereizt.

Zeit v. Beginn d. Auffangens.	In der Minute.			In 100 Theil. des zugeflossenen Blutes.	
	Blutvolum.	O.	CO_2.	O.	CO_2.
1. 0—19	1,56	0,099	0,136	15,04	21,95
2. 20—63	0,90	0,009	0,101	0,62	19,41
3. 85—154	0,42	0,001	0,018		
4. 198—260	0,43	0,088	0,022	15,04	21,95
5. 270—315	0,58	0,036	0,036		

In der Zeit, die zwischen die 1. únd 2. Aufsammlung fiel, wurden 11 Ccm. reducirten Blutes durch den Muskel geschickt. In der Zeit, welche zwischen die 3. und 4. Aufsammlung fiel, wurden 21 Ccm. arteriellen Blutes durch den Muskel geführt. Nach Beendigung der 3. Aufsammlung, nachdem also der Muskel während 135 Minuten von reducirtem Blut durchströmt worden war, hatte er seine Fähigkeit, auf sehr starke Reize zu zucken, eingebüsst. Nachdem alsdann 30 Ccm. arteriellen Blutes durch ihn gegangen, fanden sich jetzt, mit schwächeren Schlägen gereizt, lebhafte Zuckungen ein. Aus dem O-Gehalt des Blutes in Durchleitung 4 würde sich bis zu dieser Zeit ein O-Verbrauch von 3,11 Ccm. berechnen.

Mit Rücksicht auf die Frage, ob ein Muskel, der von O-freiem Blut durchströmt wird, CO_2 zu liefern im Stande ist, würde aus der vorstehenden Reihe nur das Resultat der dritten Durchleitung herbeizuziehen sein. Man sieht, dass die Antwort bejahend ausfällt. Vergleicht man 3 und 4, in welchen das Blut mit gleicher Geschwindigkeit strömte, so stellt sich heraus, dass der durch den vorgängigen O-Mangel fast vollständig ermüdete und noch immer von nahezu sauerstofffreiem Blut durchströmte Muskel, wie er bei der Aufsammlung 3 gewesen, nahezu ebensoviel CO_2 geliefert hat, wie während des Aufsammelns 4, bei welcher der wieder reizbar gewordene Muskel von arteriellem Blut durchflossen war. Obwohl also in 3 dem Muskel fast gar kein Sauerstoff durch das Blut zugeführt wurde, war dennoch die CO_2-Bildung nahezu so mächtig gewesen wie in 4, wobei das den Muskel durchsetzende Blut eine merkliche Menge von O eingebüsst hatte.

In einem zweiten Versuch, der dasselbe Ziel, wie der vorstehende anstrebte, war die Entfernung des O's nicht so vollständig gelungen; immerhin ist auch diese Beobachtung erwähnenswerth.

Zeit.	Zustand d. Muskels.	In der Minute.			Gehalt in 100 Theilen Blut der Arterien.		der Venen.	
		Blutstrom.	O	CO_2	O	CO_2	O	CO_2
1. 0—65	ruhend	0,47	0,019	0,068	5,29	16,41	1,82	30,81
2. 65—87	zuckend	1,48	0,129	0,198	16,27	17,24	7,57	30,72
3. 87—154	ruhend	0,50	0,051	0,045	—	—	6,07	26,85

Auch hier ist das Volum der gebildeten CO_2 viel beträchtlicher als das des verlornen O's. Durch alle diese Thatsachen scheint es uns nun unzweifelhaft erwiesen, dass der ausgeschnittene Muskel mehr CO_2 bildet, als er es vermöge des mit dem Blute zugeführten O's thun konnte. Da dieses geschieht in der Ruhe und Zuckung und während der Durchleitung eines Blutes, das reich oder arm an Sauerstoff ist, so glauben wir nicht fehl zu gehn, wenn wir diesen Vorgang als einen dem ausgeschnittenen Muskel unter allen Umständen eigenthümlichen ansehn. Hiezu glauben wir um so mehr berechtigt zu sein, weil diejenigen Angaben nichts Aehnliches gewahren lassen, die wir über die CO_2-Bildung des Muskels besitzen, der noch seinen natürlichen Standort einnimmt. Aus den Mittheilungen von *Sczelkow* über das Verhältniss zwischen O-Verbrauch und CO_2-Bildung innerhalb eines dem lebenden Thiere angehörigen Muskels, geht mit Entschiedenheit hervor, dass der ruhende Muskel des lebendigen Thiers noch lange nicht so viele Volumina CO_2 bildet als er dieses vermöge des vom Blute abgegebenen O's zu thun vermöchte. Diese Erfahrungen knüpfen an eine von *L. Hermann* gewonnene an. Nach dieser letztern vollendet sich das Absterben des nicht ernährten Froschmuskels jedesmal unter Bildung einer bestimmten von der Art des Absterbens unabhängigen CO_2-Menge, woraus zu schliessen, dass die Erregbarkeit erlösche, so wie ein bestimmter Antheil eines nicht näher zu bezeichnenden Moleculs der Muskelsubstanz zerstört sei. — Zu dieser Anschauung passt es, dass auch der ausgeschnittene und ernährte Säugethiermuskel während seines Absterbens eine CO_2-Bildung sehen lässt, die unabhängig von der durch das Oxyhämoglobin eingeleiteten vor sich geht. Ob aber die Uebereinstimmung zwischen den Thatsachen von *Hermann* und den unsern noch weiter zu treiben, scheint uns zweifelhaft. Denn wir sehen schon die Möglichkeit nicht ein, wie man am ausgeschnittenen von Blut durchströmten Säugethiermuskel das hier in Frage kommende CO_2-Volum bestimmen wollte, weil es durchaus kein Kennzeichen für die auf den Process des Absterbens sich beziehende CO_2 giebt. — Ausserdem ist augenscheinlich die vom Sauerstoff des Oxyhämoglobins unabhängig gebildete CO_2-Menge geringer, wenn der Muskel blutleer, und grösser, wenn er trotz des fortdauernden Blutstroms abstirbt. — Zudem setzt sich die Bildung der CO_2, die aus dem

Zerfall O–haltiger Molecüle hervorgeht, auch noch während d
Todtenstarre fort. So fanden wir den Quotienten $\frac{CO_2}{O}$ in dı
Leitungen von zwei verschiedenen todtenstarren Muskeln :
3,3; 2,0 und 1,1. An eine zeitliche Abgrenzung der Processe i
absterbenden und abgestorbenen Muskel ist also ebenfalls nic
zu denken.

Dr. E. Cyon, *Ueber die Wurzeln, durch welche das Rückenmark die Gefässnerven für die Vorderpfote aussendet.* Aus dem physiologischen Institute. Vorgelegt von dem wirkl. Mitglied *C. Ludwig*. Mit 2 Steindrucktafeln.

Als *Cl. Bernard* durch eine Reihe ebenso scharfsinniger als fruchtbarer Arbeiten die gefässbewegenden Eigenschaften des nerv. sympathicus aufdeckte, zog er in den Kreis seiner Untersuchungen auch die Frage nach dem Ursprung der sympathischen Fasern, welche in die Extremitäten übergehen.*) Die Resultate, zu denen er gelangte, sind in Kürze die folgenden:

Durchschneidung des plexus lumbosacralis oder auch nur des nervus ichiadicus bedingte Blutfülle mit Temperaturerhöhung in dem gelähmten Bein. Wenn aber sämmtliche Wurzeln durchschnitten wurden, welche die hintere Extremität mit motorischen und sensiblen Wurzeln versehen und zwar vor ihrer Vereinigung mit dem Grenzstrang, so traten keine Veränderungen in den Gefässen der Extremität ein. Diese Gefässe erweiterten sich aber sofort nach der nachträglichen Trennung des nervus ischiadicus. Ebenso erfolgte eine augenblickliche Temperaturerhöhung in der hintern Extremität, wenn *Bernard* in der Lendengegend den Grenzstrang des Sympathicus durchschnitt, ohne dabei die Spinalnerven zu verletzen. Aehnliche Resultate erhielt *Bernard* an der vorderen Extremität. Die Durchschneidung der drei untersten Hals- und der zwei obersten Brustwurzeln veranlasste keine Veränderungen im Lumen der Gefässe der vorderen Extremität; dagegen traten solche Veränderungen sofort ein, wenn er den plexus brachialis unterhalb der rami communicantes durchtrennte. Zerstörung des obersten Brustganglions hatte denselben Erfolg. — Aus diesen

*) *Cl. Bernard*, Recherches experimentales sur les nerfs vasculaires etc. Comptes rendus 1862 Journal de la physiologie. 1862.

Versuchen schloss *Cl. Bernard*, dass die Gefässnerven sämmtlich zunächst aus dem Grenzstrang des Sympathicus stammen.

Gleich nach Veröffentlichung der *Bernard*'schen Versuche theilte *Schiff**) der Pariser Akademie einige Berichtigungen dieser Versuche mit. — Namentlich behauptete *Schiff* im Widerspruch mit *Bernard*, nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln für den n. ischiadicus eine beträchtliche Temperaturerhöhung am Fusse und am unteren Theile des Unterschenkels beobachtet zu haben. Desgleichen soll nach *Schiff* Durchschneidung der vorderen Wurzeln für die vordere Extremität Temperaturerhöhung der Hand und des unteren Theiles des Vorderarms hervorrufen. — So weit behauptet also *Schiff* gerade das Gegentheil von dem, was *Bernard* beobachtete. Dagegen gab *Schiff* zu, dass in dem Grenzstrang in der Regel die Gefässnerven für den Oberschenkel und den obern Theil des Unterschenkels und ebenso für den Oberarm und den obern Theil des Vorderarms verlaufen. Diese Nerven sollen aus den Intercostalwurzeln in den Grenzstrang eintreten. Zuweilen sollen auch aus den letztern Nerven Vasomotoren für die Pfoten hervorgehen.

Beide Beobachter befanden sich demnach allerdings in einem Widerspruch, jedoch nur in einem gradweisen, indem *Bernard* eine gänzliche, *Schiff* dagegen nur eine theilweise Verschiedenheit im Ursprung der Nerven für die Gefäss- und Skeletmuskeln annahm.

Auf Vorschlag des Herrn Prof. *Ludwig* nahm ich diese Frage von Neuem auf, weniger um die Angaben *Cl. Bernard*'s einer erneuten Prüfung zu unterziehen, als vielmehr in der Hoffnung bei dieser Gelegenheit näheren Aufschluss zu erhalten über diejenigen Wurzeln der Spinalnerven, durch welche die betreffenden Gefässnerven das Rückenmark verlassen. Darüber nämlich, dass auch die aus dem Grenzstrang hervorgehenden vasomotorischen Nerven aus dem Rückenmarke entspringen, konnte man nach den übereinstimmenden Erfolgen nicht zweifelhaft sein, welche *Ludwig* und *Thiry***) bei Reizung und Durchschneidung des Halsmarks erhalten hatten.

Ich musste mich vorläufig damit begnügen, den Ursprung der Gefässnerven für die Vorderpfoten zu untersuchen. Eine

*) Comptes Rendus 1862.
**) Wiener Sitzungsberichte. 49. Band. 1864.

Ausdehnung der Arbeit auf die hintere Extremität musste ich anderer Beschäftigungen wegen auf eine spätere Zeit verschieben.

Von den verschiedenen Mitteln, welche man zur Prüfung der Abhängigkeit eines Gefässbezirks von einem bestimmten Nerven in Anwendung zu ziehen pflegt, bediente ich mich der Durchschneidung des Nerven und der Temperaturmessung. Die letztere Bestimmung führte ich gleichzeitig an den beiden Extremitäten und im After aus. Die verwendeten Thermometer waren von *Geissler* angefertigt; an ihnen konnten Zehntel eines Grades unmittelbar abgelesen werden; ihre Quecksilbergefässe waren so klein, dass sie zwischen zwei Zehen eines mässig grossen Hundes vollkommen Platz hatten. Die an die Extremitäten gesetzten wurden beiderseits zwischen je zwei gleichnamige Zehen gesteckt und daselbst durch einen Faden festgehalten, welcher um die Nägel der Zehen geschlungen war.

Mit Hülfe der ebenerwähnten Thermometer wurde also selbstverständlich nicht die Temperatur der gesammten Pfote, sondern nur die einer besondern Stelle gemessen. Da jedoch kein Grund vorliegt, warum man der Haut zwischen zwei Fingern ein besonderes Verhalten anweisen sollte, so dürfte man wohl berechtigt sein, die Angaben, welche am Thermometer abgelesen wurden, mindestens auf die ganze Pfote zu beziehen.

Da die Messung an drei Orten ausgeführt wurde, so konnte nicht allein der Temperaturunterschied der beiden Pfoten, sondern auch derjenige zwischen den Pfoten und dem Herzblut bestimmt werden. Der letztere Unterschied und namentlich der, welcher zwischen dem Wärmegrad der Pfote auf der operirten Seite und demjenigen des Blutes besteht, muss darum, wie ich glaube, ermittelt werden, weil der Beweis, welcher für die Abhängigkeit eines Gefässbezirks von einem durchschnittenen Nerven erbracht werden soll, auf diesem Unterschiede beruht. Denn je näher die Temperatur in den betreffenden Orten derjenigen im Herzen selbst tritt, um so rascher ist der Blutstrom auch in den Gefässen jener Stellen geworden. Wie wichtig es nun auch zu wissen ist, ob sich ein grösserer Temperaturunterschied, der vor der Durchschneidung eines Nerven bestand, in einen kleinern nach Vollendung der genannten Operation verwandelt habe, so reicht dennoch in den von mir zu behandelnden Fällen diese Kenntniss nicht aus.

Die Nervenmassen, die ich zu durchschneiden gezwungen war, üben bekannter Maassen auch noch auf andere Gefässe, als die der Pfote, einen bemerkenswerthen Einfluss, dieses gilt namentlich von dem Grenzstrang der Brusthöhle, welcher den Unterleibsgefässen Nerven zuführt; nun steht aber durch andere Versuche fest, dass vermöge einer Erweiterung der kleinen Arterien in den Baucheingeweiden die Blutmasse, welche durch die Arterien des Kopfes und der Extremitäten fliesst, wesentlich vermindert wird. Wir werden demnach zu erwarten haben, dass nach Durchschneidung des Grenzstrangs und seiner Wurzeln eine Erniedrigung des Wärmegrades in den Extremitäten eintritt. Diese Herabsetzung muss jedoch, soweit unsere Einsicht reicht, gleichmässig in den beiden vordern Extremitäten stattfinden; wir werden darum einen Maassstab für sie erhalten, wenn wir auch noch die Aenderungen der Temperatur in der Pfote ermitteln, welche auf der nicht operirten Seite befindlich ist. Diese letztere Behauptung setzt die allerdings nicht streng bewiesene Annahme voraus, dass die Abkühlungsursachen in den beiden vordern Extremitäten nach Zeit und Stärke gleichmässig fortgeschritten sind. — Meine sämmtlichen Versuche sind an Hunden angestellt, die mit Curare vergiftet und durch die künstliche Respiration am Leben erhalten wurden. Der Gebrauch des Curare rechtfertigte sich durch den Vortheil, den die Unbeweglichkeit der Thiere für die genaue Temperaturmessung darbietet. Die bei Vergiftung mit Curare gewöhnlich eintretende Verengung der kleinen Arterien konnte auch insofern von Nutzen sein, als durch den Contrast zwischen der in Folge von Nervendurchschneidung eintretenden Gefässerweiterung der einen Extremität und der durch Curare gesteigerten Gefässverengerung der anderen Extremität der Temperaturunterschied schärfer hervortreten konnte.

Eine erste Versuchsreihe stellte ich an, um den Einfluss der drei letzten Hals- und der zwei obersten Brustwurzeln zu prüfen; die Operation führte ich genau nach den Angaben aus, welche *Cl. Bernard* für seine Versuche gegeben hat. Aus einer grössern Zahl von Beobachtungen führe ich als Beispiele die Versuche I und II an. Sie sind graphisch in der Tafel II und nach ihren Zahlenwerthen in der angehängten Tabelle dargestellt.

Aus der Betrachtung der Figuren und Zahlen geht hervor,

dass nach der Durchschneidung der genannten fünf Wurzeln die Temperatur in der Pfote auf der operirten Seite etwa um einen Grad höher ist als in der Pfote der nichtoperirten Seite. Dieser Befund stimmt allerdings nicht mit der Angabe *Cl. Bernard's*, welcher in der Regel das Umgekehrte gesehen hat. Aber trotzdem möchte ich aus dieser Abweichung keinen Beweis gegen die Schlussfolgerung des französischen Physiologen ziehen. Denn abgesehen von dem geringen Werthe des Temperaturunterschiedes spricht noch ein anderer Umstand gegen die Annahme, dass die Durchschneidung der genannten Wurzeln zu einer Gefässerweiterung in der Pfote geführt habe. Dieser besteht darin, dass in der fortschreitenden Zeit, während welcher das Thier vollkommen ruhig lag, die Pfotentemperatur auf der operirten Seite zuweilen unter die auf der nicht operirten herabsank, wofür sich in Versuch I ein Beispiel findet.

Die Ausrottung des ersten Brustganglions ruft dagegen augenblicklich eine beträchtliche Temperatursteigerung in der Pfote auf der operirten Seite hervor, so dass zum Mindesten darüber kein Zweifel besteht, dass die Nerven der Pfotengefässe ganz vorzugsweise aus jenem Ganglion hervortreten.

Um dem ersten Brustganglion die Bedeutung gegen alle Einwürfe sicher zu stellen, welche ihm zuerkannt wurde, war jedoch noch ein weiterer Versuch nothwendig.

Die anatomische Untersuchung der betreffenden Partie hatte mir ergeben, dass das erste Brustganglion ausser den bisher genannten noch mit anderen Wurzeln durch rami communicantes in Verbindung steht und zwar auf folgende Weise. Ein oberer ramus communicans dieses Ganglions theilt sich in zwei Zweige, von welchen der eine zur sechsten Halswurzel geht, der andere sich an die art. vertebralis anschliessend, weiter nach oben bis an den zweiten Halswirbel läuft und in seinem Verlaufe mit den verschiedenen Halswurzeln Verbindung eingeht. Ausserdem steht das ganglion stellatum noch in Verbindung mit der dritten Brustwurzel und zwar vermittelst eines sehr starken ramus communicans. Eine genaue Darstellung der Lage und der Verästelung des ganglion stellatum befindet sich auf der beigefügten anatomischen Tafel angegeben. Um den Verlauf des eben erwähnten ramus communicans zeigen zu können, ist derselbe in der Zeichnung etwas über die arteria vertebralis gezogen. (Siehe unten die Erklä-

rung der Figuren.) — Es war also nothwendig, um das ganglion stellatum vollständig von den Wurzeln, die den plexus brachialis bilden, zu trennen, auch die dritte Brustwurzel bei den Versuchen durchzuschneiden. Versuch III zeigt aber, dass auch diese Durchschneidung an dem oben angeführten Resultate der Versuche nichts zu ändern vermag.

Nachdem ich mich so von der vollkommenen Richtigkeit der *Bernard*'schen Angaben überzeugt zu haben glaubte, versuchte ich die Frage zu lösen, durch welche rami communicantes das ganglion stellatum diejenigen Gefässnerven erhält, welche es der vorderen Extremität übermittelt.

Um mit Bequemlichkeit zum Ganglion und seinen zuführenden Aesten gelangen zu können, wurde das curarisirte Thier in der Bauchlage befestigt. Durch eine Unterlage unter den Brustkorb wurde dem Thiere eine nach vorne ziemlich stark geneigte Lage gegeben. Sodann machte ich in der Mitte zwischen den Wirbeln und dem innern Rande der Scapula einen ergiebigen halbrunden Hautschnitt, dessen Convexität den Wirbeln zugewendet war und dessen stärkste Ausbuchtung den Winkel des Schulterblatts umgab. Darauf trennte ich den musculus levator anguli scapulae dicht an seiner unteren Insertionsstelle vom Schulterblatt und gewann dadurch die Möglichkeit, die operirte Extremität schräg über die vordere Halspartie hinweg nach der anderen Seite herüberzuziehen und so das Schulterblatt beträchtlich vom Brustkorb zu entfernen. Die fünf ersten Rippen lagen dann in ihrer hintern Hälfte ganz frei und dem Operiren leicht zugänglich. Nachdem ich das hintere Drittheil der beiden ersten Rippen resecirt und die betreffenden Intercostalwurzeln entfernt hatte, bot es keine Schwierigkeit mehr, das ganglion stellatum vorsichtig frei zu präpariren und zu isoliren. Für eine leichtere und sorgfältigere Isolation dieser Nerven ist es wünschenswerth, die Pleura bei der Resection der Rippen nicht zu verletzen. Ich erreichte dies dadurch, dass ich die Rippen erst nach vorheriger Ablösung des Periostes resecirte. Bei einiger Uebung lässt sich die subperiostale Resection der Rippen ohne Schwierigkeiten ausführen. Um sich das Aufsuchen des Ganglions zu erleichtern, darf man nur den Intercostalnerven folgend den Grenzstrang und dann das Ganglion aufsuchen. Es ist für den Ungeübten überhaupt rathsamer

das Ganglion von unten aufzusuchen, da man sonst leicht in gefährliche Collision mit den Vertebralgefässen geräth.

Nachdem ich sämmtliche rami communicantes aufgesucht hatte, führte ich unter jeden einen Faden, an dem ein Stückchen Papier mit der entsprechenden Nummer befestigt war. Bei der Durchschneidung der rami communicantes blieb dieser Faden am peripherischen (im Verhältniss zum Ganglion) Theil des Nerven hängen, so dass ich nach Beendigung des Versuchs immer an der Leiche constatiren konnte, welcher ramus communicans zu einer bestimmten Zeit durchschnitten war. Nun wurde die operirte Extremität in ihre normale Lage gebracht, die Wunde geschlossen und die Temperatur der beiden Extremitäten während einiger Zeit unter einander verglichen. Nach einer solchen Temperaturmessung wurde die Wunde schnell wieder eröffnet, der gewünschte ramus communicans mit einer feinen Scheere durchschnitten, sodann die Wunde geschlossen und während längerer in der Tabelle angegebenen Zeit Temperaturmessungen der beiden Extremitäten gemacht.

Die Versuche IV, V und VI stellen Beispiele solcher Versuche dar. Versuch IV zeigt, dass Durchschneidung des untersten Zweiges des Ganglions, der aus der Vereinigung des Grenzstrangs mit dem ramus communicans der dritten Brustwurzel entsteht, eine beträchtliche Gefässerweiterung der vordern Extremität veranlasst, die sich durch eine sofortige Temperaturerhöhung um 2,8° kund giebt; im Verlauf von 23 Minuten steigt der Temperaturunterschied zwischen den beiden Pfoten bis zu 6,8°. Durchschneidung der übrigen rami communicantes hatte keine grössere Steigerung zur Folge, im Gegentheil die Temperaturdifferenz der beiden Extremitäten fing an sich etwas auszugleichen, um dann bei Durchschneidung des oben beschriebenen vertebralen Zweiges des Ganglions auf 7,7° bis 9,3° zu gelangen.

Versuch V zeigt, dass die bei der Durchschneidung des untersten Zweiges des Ganglions eintretende Gefässerweiterung einzig und allein von der Durchtrennung des sympathischen Grenzstrangs abhängig ist, indem die vorherige Durchschneidung des ramus communicans der dritten Brustwurzel von gar keinem Einfluss auf die betreffenden Gefässe ist. Versuch VI ergab dasselbe Resultat.

Diese Versuche, wie mehrere ähnliche, zeigten also im

Widerspruch mit den *Schiff*'schen Versuchen, dass die Gefässnerven für die Pfote der vordern Extremität im Grenzstrange verlaufen und erst von unten her in das ganglion stellatum treten. Diese Versuche erklären auch den Widerspruch, in welchen die Resultate *Bernard's* zu dem bekannten Verlauf der Gefässnerven im Rückenmark zu stehen scheinen. Da die Gefässnerven für die vordere Extremität erst unterhalb der dritten Brustwurzel das Rückenmark verlassen und von unten her durch den Grenzstrang und das ganglion stellatum zum plexus brachialis treten, so konnte die Durchschneidung der drei letzten Hals- und der drei ersten Brustwurzeln von keinem Einflusse auf die Gefässe sein.

Durch diese Versuche war also der Zweck meiner Untersuchung erledigt. Ich theile hier noch einige Versuche mit, die angestellt worden sind, zu eruiren, an welcher Stelle die Gefässnerven der vordern Extremität aus dem Rückenmark zum Grenzstrang treten. Wie aus Versuchen VII bis XI, die ich als Beispiele anführe, ersichtlich, scheint diese Austrittsstelle der Gefässnerven inconstant zu sein. Während in den Versuchen VII und VIII die Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 5. und 6. resp. zwischen der 4. und 5. Rippe fast gar keinen Einfluss auf das Lumen der Gefässe der vordern Extremität hatte, erzeugte diese Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 4. und 5. Rippe in den Versuchen IX, X und XI schon beträchtliche Erweiterungen in den Gefässen; Erweiterungen, die bei nachheriger Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 2. und 3. Rippe nicht mehr zunahmen. Versuch XI zeigt sogar eine Erweiterung der Gefässe bei Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 6. und der 7. Rippe. Diese Erweiterung nahm zu bei der Trennung zwischen der 5. und 6. Rippe und erreichte auch sein Maximum bei Durchschneidung zwischen der 4. und der 5. Rippe. Ich will nur darauf aufmerksam machen, dass im Versuch VIII, in welchem die Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 4. und 5. Rippe gar keine Veränderung des Gefässlumens hervorrief, diese Veränderung sofort bei der Durchschneidung des ramus communicans zum zweiten Ganglion des Grenzstrangs eintrat und dann bei Durchschneidung dieses Ganglions nicht mehr zunahm. Wenn es noch eines directen Beweises für den Austritt der

Gefässnerven aus dem Rückenmark bedürfte, so wäre ein solcher Beweis durch diesen Versuch geliefert.

Im Versuch X dagegen machte die Durchschneidung des ramus communicans zum zweiten Ganglion keine Erweiterung der Gefässe, während eine solche sofort nach der Durchschneidung des Grenzstrangs unterhalb dieses Ganglion eintrat.

Diese Versuche ergeben also, dass die Gefässnerven für die obere Extremität durch die mittlern Dorsalwurzeln zum Grenzstrang gelangen und dass bei verschiedenen Thieren der Verlauf dieser Nerven insofern variirt, als dieselben durch verschiedene dieser Wurzeln austreten können. Diese Inconstanz darf bei den sonstigen bekannten Abweichungen im Bereich des Grenzstrangs bei verschiedenen Individuen nicht besonders überraschen.

Durchschneidung eines einzelnen ramus communicans des ersten Brustganglions zum plex. brachialis hat keine merkliche Gefässerweiterung zur Folge, auch wenn diese sofort eintritt bei Durchschneidung des Grenzstrangs selbst; dagegen veranlasst die gleichzeitige Durchtrennung sämmtlicher rami communicantes eine solche Erweiterung auch ohne Durchschneidung des Grenzstrangs.

Daraus folgt also, dass die Gefässnerven aus dem ganglion stellatum zum plexus brachialis durch mehrere rami communicantes gehen.

Der zeitliche Verlauf, welchen die Temperaturänderung in der Pfote der operirten und nicht operirten Seite darbietet, ist zwar kein streng regelmässiger, aber dennoch lässt sich eine Gesetzmässigkeit nicht verkennen.

Betrachten wir zunächst den Gang der Wärme in der Pfote auf der gesunden Seite, so finden wir in der Regel, dass die Temperatur mit der wachsenden Zeit abnimmt, und dass dieses geschieht, gleichgültig ob die Temperatur im After constant bleibt oder absinkt. Diese Abkühlung der Pfote auf der gesunden Seite scheint öfter, wie man bei einer Durchsicht der Curventafel gewahren wird, in beschleunigtem Maasse einzutreten, wenn in Folge einer Nervendurchschneidung in der entgegengesetzten Pfote die Temperatur rasch anwuchs; doch ist dies keineswegs immer der Fall.

Betrachtet man den Verlauf der Temperaturänderung in der Pfote der operirten Seite, so sieht man auch hier das

Thermometer so lange in einer sinkenden Bewegung begriffen, bis einer der Gefässnerven durchschnitten ist, welcher der Pfote angehört. Von diesem Zeitpunkt an tritt gewöhnlich ein rasches Steigen ein, das jedoch niemals zu dem Wärmegrade führt, welchen das Thermometer im After anzeigt. Nachdem das zwischen den Fingern sitzende Thermometer einige Zeit hindurch seine steigende Bewegung bewahrt hat, beginnt es nun eine solche im umgekehrten Sinn. Dieser Abfall prägt sich vorzugsweise stark aus, wenn auch die Temperatur im After abnimmt. In der Pfote der operirten Seite bleibt jedoch, auch wenn die Temperatur im After constant war, dieses zweite Sinken nicht aus, vorausgesetzt jedoch, dass die Beobachtung lange genug fortgesetzt wurde.

Das Auftreten des plötzlichen Sinkens der Wärme in der Pfote der nicht operirten Seite, wenn die Temperatur in der anderseitigen Pfote plötzlich anstieg, und das Abfallen der Temperatur in den letztgenannten Pfote, nachdem sie dort ein Maximum erreicht, dürfte sich am ungezwungensten dadurch erklären lassen, dass der Blutstrom durch die Extremitäten ein schwächerer wird, weil das Blut aus der Aorta nach andern Seiten hin, wie namentlich nach dem Unterleib mit geringern Widerständen abzufliessen vermag; den Erklärungsgrund, welchen ich hier den Thatsachen unterschiebe, betrachte ich jedoch keineswegs als einen definitiven. Ich habe mich über diese Erscheinungen nur darum ausgesprochen, weil ich die Aufmerksamkeit auch anderer Beobachter auf sie lenken wollte.

Ich lasse nun die Zahlen in tabellarischer Form folgen, auf welche ich mich im Text bezogen und nach welchen die Curven auf Tafel II construirt sind.



Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
I. Versuch.				
3 Hals- und 2 Brustwurzeln links durchschnitten.				
5 U. 25 M.	26,1°	24,9°	+ 1,2°	35,0°
5 » 35 »	24,3°	24,6°	— 0,3°	34,0°
	24,8°	24,0°	+ 0,8°	
Ganglion thoracicum primum links entfernt.				
5 » 45 »	29,9°	25,7°	+ 4,2°	30,0°
5 » 55 »	28,0°	25,2°	+ 2,8°	
	27,2°	24,4°	+ 2,8°	
6 » 20 »	25,1°	23,7°	+ 1,4°	28,6°
II. Versuch.				
3 Hals- und 2 Brustwurzeln links durchschnitten.				
5 » 40 »	31,7°	30,8°	+ 0,9°	35,5°
	31,0°	30,4°	+ 0,6°	
	32,8°	31,8°	+ 1,0°	
	32,5°	30,9°	+ 1,6°	
Ganglion thoracicum primum exstirpirt auf der linken Seite.				
	33,1°	30,2°	+ 2,9°	34,8°
	33,1°	29,7°	+ 3,4°	
	32,8°	29,1°	+ 3,7°	
III. Versuch.				
3 Hals- und 3 Brustwurzeln links durchschnitten.				
	27,7°	26,9°	+ 0,8°	34,9°
	26,9°	26,2°	+ 0,7°	
	26,2°	25,7°	+ 0,5°	
Ganglion links entfernt.				
	28,3°	25,2°	+ 3,1°	
	28,1°	25,2°	+ 2,9°	

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
IV. Versuch.				
Brustganglion frei präparirt, den Grenzstrang zusammen mit dem ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.				
10 U. 45 M.	34,6°	31,8°	+ 2,8°	36,1°
10 » 47 »	34,5°	31,2°	+ 3,2°	36,0°
10 » 50 »	34,4°	30,3°	+ 4,1°	36,3°
10 » 52 »	34,4°	29,6°	+ 4,8°	36,3°
10 » 55 »	34,3°	29,7°	+ 4,6°	36,6°
10 » 58 »	34,7°	29,4°	+ 5,3°	36,8°
11 » 2 »	34,9°	28,7°	+ 6,2°	36,6°
11 » 8 »	35,2°	28,4°	+ 6,8°	36,0°
11 » 20 »	35,3°	29,5°	+ 5,8°	36,1°
Rami communicantes zur I. und II. Brustwurzel durchschnitten.				
11 » 30 »	33,5°	28,2°	+ 5,3°	35,6°
11 » 35 »	32,6°	27,7°	+ 4,0°	36,0°
11 » 40 »	32,7°	27,4°	+ 5,3°	35,9°
11 » 45 »	32,7°	27,0°	+ 5,7°	36,0°
Ramus communicans zur VIII. Halswurzel durchschnitten.				
11 » 53 »	33,0°	26,3°	+ 6,7°	35,7°
12 » — »	32,7°	26,3°	+ 6,4°	35,8°
Ramus communicans zur VI. Halswurzel zusammen mit dem in der arteria vertebralis durchschnitten.				
12 » 9 »	33,1°	25,4°	+ 7,7°	35,5°
12 » 13 »	32,6°	25,2°	+ 7,4°	35,8°
12 » 17 »	33,6°	25,1°	+ 8,5°	35,9°
12 » 22 »	34,5°	25,2°	+ 9,8°	36,0°
12 » 25 »	35,0°	26,1°	+ 8,9°	35,9°
12 » 30 »	35,2°	26,0°	+ 9,2°	36,0°
12 » 35 »	34,7°	25,8°	+ 8,9°	35,9°
12 » 48 »	34,8°	25,5°	+ 9,3°	35,8°
V. Versuch.				
Ganglion I frei präparirt.				
12 » 10 »	35,5°	35,9°	— 0,4°	36,7°

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.

Ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
12 U. 15 M.	34,5°	36,3°	— 1,8°	37,7°
12 » 20 »	34,0°	35,5°	— 1,5°	38,4°
12 » 25 »	33,6°	35,2°	— 1,6°	38,4°

Grenzstrang dicht am Ganglion durchschnitten.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
12 » 34 »	36,7°	34,6°	+ 2,1°	38,0°
12 » 40 »	36,4°	33,6°	+ 2,8°	—
	35,3°	32,5°	+ 2,8°	—
12 » 50 »	34,2°	31,7°	+ 2,5°	—
12 » 55 »	33,4°	31,1°	+ 2,3°	38,0°

VI. Versuch.

Ganglion I präparirt.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
5 » 20 »	31,6°	31,4°	+ 0,2°	37,6°

Ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
5 » 30 »	31,4°	31,0°	+ 0,4°	36,8°
5 » 33 »	31,4°	30,7°	+ 0,7°	—

Grenzstrang durchschnitten.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
5 » 40 »	32,1°	30,1°	+ 2,0°	—
5 » 43 »	33,7°	29,8°	+ 3,9°	36,7°
5 » 46 »	34,4°	29,5°	+ 4,9°	36,6°
5 » 50 »	35,0°	29,1°	+ 5,9°	36,4°
5 » 55 »	35,2°	28,9°	+ 6,3°	36,2°

VII. Versuch.

Ganglion präparirt.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
6 » — »	29,1°	29,1°	0°	36,0°

Grenzstrang zwischen V. und VI. Wirbel durchtrennt.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
6 » 10 »	28,8°	27,7°	+ 1,1°	35,8°
6 » 14 »	27,6°	26,8°	+ 0,8°	36,1°
	27,0°	26,1°	+ 0,6°	36,2°

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
6 U. 25 M.	26,5°	25,1°	+ 1,4°	36,0°
6 » 30 »	26,3°	25,1°	+ 1,2°	36,0°
Grenzstrang vor Vereinigung mit dem ramus communicans zur VI. Brustwurzel, dicht am Ganglion durchschnitten.				
6 » 42 »	28,7°	23,7°	+ 5,0°	35,2°
6 » 46 »	28,2°	24,1°	+ 4,1°	35,4°
6 » 48 »	27,7°	23,9°	+ 3,8°	35,4°
Grenzstrang nach der Vereinigung mit diesem ramus communicans durchschnitten.				
6 » 50 »	27,0°	23,5°	+ 3,5°	

VIII. Versuch.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Grenzstrang und II. Ganglion präparirt.				
6 » 20 »	29,2°	29,1°	+ 0,1°	34,1°
Grenzstrang unterhalb des II. Ganglion durchschnitten.				
6 » 30 »	28,0°	28,0°	+ 0°	33,7°
Ramus communicans (unterhalb) zum zweiten Male durchschnitten.				
6 » 42 »	27,0°	24,5°	+ 2,5°	32,5°
Grenzstrang oberhalb des II. Ganglion durchschnitten.				
6 » 46 »	26,0°	23,7°	+ 2,3°	32,0°

IX. Versuch.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Grenzstrang präparirt.				
6 » 2 »	25,3°	24,6°	+ 0,7°	35,6°
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
6 » 4 »	26,0°	24,0°	+ 2,0°	35,8°
6 » 8 »	26,8°	23,4°	+ 3,4°	35,6°
6 » 15 »	26,3°	22,3°	+ 4,0°	35,2°
6 » 20 »	26,0°	21,8°	+ 4,2°	35,2°

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Durchschneidung des ramus communicans zum II. Ganglion.				
6 U. 25 M.	25,8°	21,7°	+ 4,1°	35,1°
6 » 30 »	25,2°	21,6°	+ 3,5°	35,0°
Grenzstrang oberhalb des Ganglion durchschnitten.				
6 » 35 »	24,7°	21,4°	+ 3,3°	34,6°
6 » 40 »	24,1°	21,0°	+ 3,1°	34,2°
X. Versuch.				
Grenzstrang präparirt.				
10 » 50 »	30,6°	34,5°	— 3,9°	38,4°
10 » 57 »	30,3°	33,0°	— 2,7°	38,4°
11 » 10 »	28,0°	31,0°	— 3,0°	38,0°
Ramus communicans zum II. Ganglion durchschnitten.				
11 » 20 »	27,1°	29,7°	— 2,6°	37,5°
11 » 27 »	27,1°	29,0°	— 1,9°	38,0°
11 » 33 »	26,6°	28,8°	— 2,2°	37,5°
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
11 » 37 »	32,1°	28,2°	+ 3,9°	37,6°
11 » 40 »	33,5°	28,2°	+ 5,3°	—
11 » 42 »	34,5°	28,1°	+ 6,4°	—
11 » 43 »	35,5°	27,8°	+ 7,7°	—
11 » 47 »	36,3°	27,5°	+ 8,8°	37,6°
11 » 49 »	36,6°	27,3°	+ 9,3°	37,5°
11 » 55 »	36,9°	27,1°	+ 9,8°	—
11 » 58 »	36,9°	26,9°	+ 10,0°	—
12 » 6 »	36,8°	26,8°	+ 10,0°	—
12 » 10 »	36,7°	26,6°	+ 10,1°	37,4°
12 » 22 »	36,3°	26,1°	+ 10,2°	37,4°
XI. Versuch.				
Grenzstrang präparirt.				
11 » 24 »	33,5°	31,7°	+ 1,8°	36,1°
11 » 27 »	32,6°	30,8°	+ 2,8°	36,6°
Grenzstrang zwischen VI. und VII. Rippe durchschnitten.				
11 » 32 »	31,0°	28,0°	+ 3,0°	36,5°
11 » 45 »	29,0°	26,3°	+ 2,7°	
11 » 47 »	29,3°	26,0°	+ 3,3°	36,4°

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	A
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitt				
11 U. 55 M.	31,4°	25,1°	+ 6,3°	26
11 » 57 »	33,1°	25,0°	+ 8,1°	26
12 » — »	34,3°	24,7°	+ 9,6°	26
12 » 1 »	34,5°	24,5°	+ 10,0°	26,
12 » 2 »	34,7°	24,2°	+ 10,5°	26,
12 » 3 »	34,7°	23,9°	+ 10,8°	26,
XII. Versuch.				
Brustganglion I präparirt.				
11 » 50 »	24,9°	23,0°	+ 1,9°	33,4
Mehrere rami communicantes zum I. Brustganglion durc. schnitten.				
12 » 10 »	28,0°	22,5°	+ 5,5°	34,0°
12 » 3 »	27,3°	22,0°	+ 5,3°	33,8°
12 » 10 »	24,0°	20,7°	+ 3,3°	34,0°
Grenzstrang durchschnitten.				
12 » 15 »	22,8°	20,0°	+ 2,8°	?

Erklärung der Tafeln.

Tafel I. Fig. 1 stellt die Lage des letzten Hals- und ersten Brustganglio. mit ihren Zweigen im Verhältniss zu den übrigen Organen dieser Partie bei Hunde dar. Der n. vagus und sympathicus liegen in derselben Scheide un sind zusammen mit dem letzten Halsganglion etwas in die Höhe gezoge um seine Verzweigungen, die sonst durch die Venen verdeckt werden.

Tafel I. Fig. 2 zeigt die Verästelungen dieses Ganglion bei einem andere Thiere. Der n. sympathicus ist durch Präparation vom nervus vagus getrennt worden. Nahe an dem ganglion cerv. inferior waren dieselben schon von Natur getheilt. Die beiden Ganglien sind mit den Wurzeln des plexus brachialis herausgeschnitten und auf ein Brett ausgespannt worden. Die weiteren Aufklärungen sind durch die Schrift der Tafel gegeben.

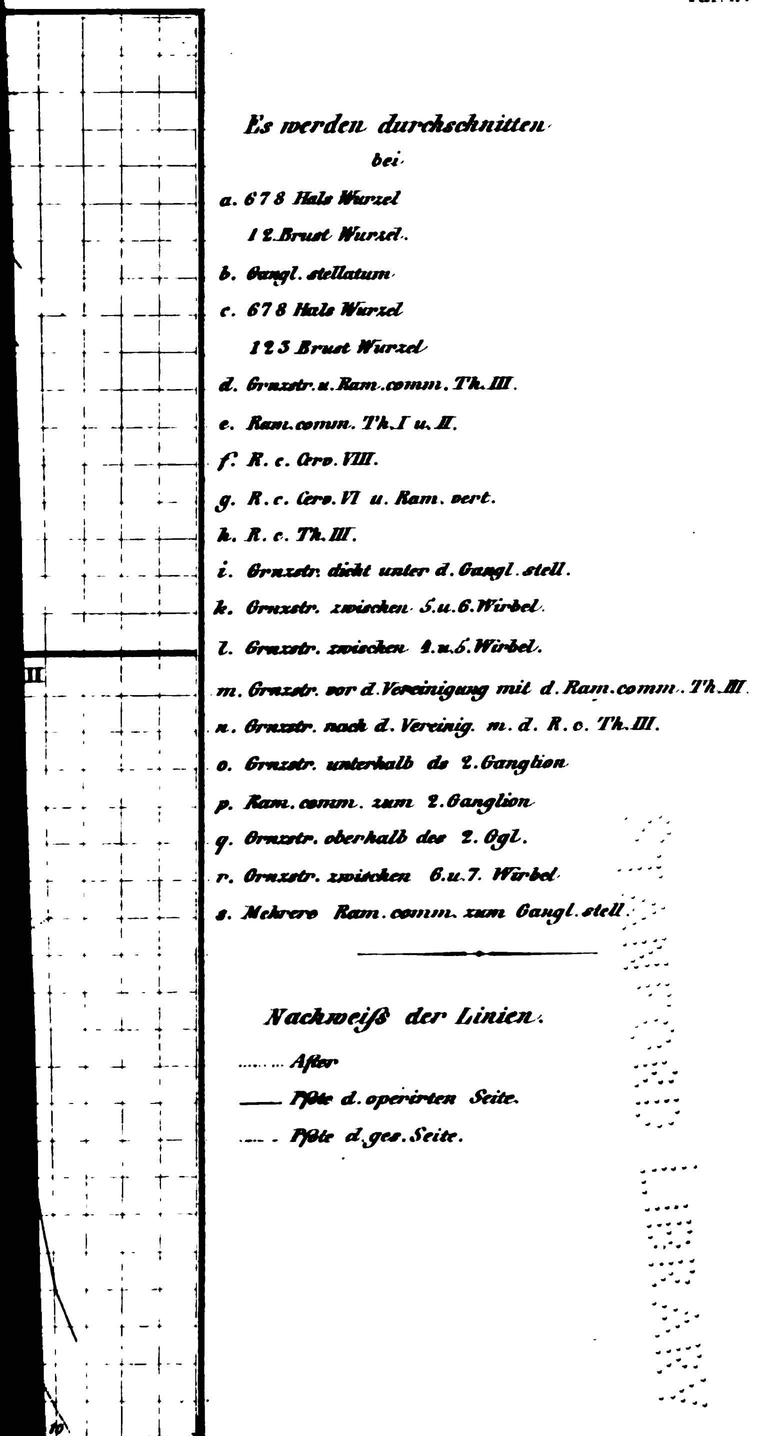
Tafel II. An die senkrechten Ordinaten sind die Temperaturen angeschrieben und zwar in Graden der Centesimalscala; auf die waagrechten Ordinaten ist die Zeit aufgetragen. Die Einheit der Zeit ist durch ein Versehen des Steinzeichners zu Minuten angenommen, so dass die auf der Tafel II vorkommenden Zeitzahlen 10, 20, 30 u. s. f. gleich 20, 40, 60 Minuten genommen werden müssen. Alles übrige auf der Tafel ist durch die Beischrift verständlich.

Taf. I.

Ggl. Cer. inf.
N.S.
R.S.A.Sb.
Pl. Br.
Th I
Th II
R.C. Acc.
N.V.
Ggl. st.
Rc. Th. III
Grnzst

N.V. = N. Vagus, R.S.A.Cl. = Rami Sympathici ad Art. Subcl., Ggl. Cer
Th I et Th. II = 2 Ggl. st. = Ganglion stellatum, Pl. Br. = Plexus brachialis
welcher neben Rami Cardiaci, R. Oe. = Rami oesophagei, N.R. = N. Recur-
R.c.Th. III. Ram urzeln, R.c. Th. III. = Ramus communic. zum Ggl. st. von
strang.

Berichte d. K.S.G. phys. Cl.
Zur Abhandlung v



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

J. Dogiel und **C. Ludwig**, *Ein neuer Versuch über den ersten Herzton.*

Die Annahme, dass der erste Herzton im Wesentlichen als ein Muskelgeräusch anzusehen sei, findet, wie uns scheint, nur darum noch häufigen Widerspruch, weil zu ihrem Beweise ein tadelfreier Versuch fehlt. Zu einem solchen würde gehören, dass der erste Ton noch deutlich hörbar sei an einem Herzen, das 1. eine weit geringere Blutmenge enthält als nöthig, um die venösen Klappen desselben zu entwickeln oder zu spannen, das 2. bei seinen Bewegungen keine Luft aufnehmen kann, weil die sämmtlichen aus den Vorhöfen und Kammern hervorgehenden Gefässe zugebunden sind, und das 3. in dem Apparat, welcher den Schall zum Ohr leitet, so aufgehängt ist, dass durch die Kammercontraction kein geräuscherzeugender Stoss bedingt wird.

Diese Bedingungen haben wir auf folgende Weise herbeigeführt: Ein starker Hund, der mit Curare vergiftet war, wurde durch künstliche Athmung am Leben erhalten und ihm auf bekannte Weise die Brusthöhle eröffnet; dann wurden sämmtliche aus dem Herzen hervorkommende Venen- und Arterienstämme freigelegt und unmittelbar an ihrem Austritt um jeden derselben ein starker Faden geschlungen. Nachdem die Vorbereitung so weit gediehen, wurden die angelegten Fäden bis zur vollständigen Verschliessung des betreffenden Gefässes zugeschnürt. Die Unterbindung geschah in der nachstehenden Reihenfolge. Zuerst an der obern Hohlvene, wobei natürlich die vena azygos, vom Herzen aus gerechnet, jenseits der Ligatur lag, dann die untere Hohlvene, darauf die Lungenarterie, dann die beiden Lungenvenen an den Lungenwurzeln, und endlich, nachdem durch einen sanften Druck das linke Herz möglichst vollständig

entleert war, die Aorta. Darauf wurden jenseits der Ligature die Gefässe durchgeschnitten und das Herz zuweilen noch i Verbindung mit den Lungen rasch heraus genommen un augenblicklich in den schallleitenden Apparat gehängt.

Dieser letztere bestand, wie der beistehende Holzschnit zeigt, aus einem abgesprengten und abgeschliffenen Glas-



kolben von entsprechender Grösse. Die breite offene Basis desselben *aa* war nach oben gerichtet, die Mündung des kurzen Halses war mit einer dünnen Kautschukplatte *b* verschlossen; an diesen Hals schloss sich mittelst der Kautschukröhre *c* ein Glasrohr *d* an, über dessen unteren ausgezogenen Theil das Kautschukrohr eines Stethoscopes von *König* gesteckt wurde. Bevor das Herz in den Raum *aa* hineingebracht wurde, war dieser schon mit defibrinirtem Blut, welches einem andern Thier entzogen war, angefüllt, und bei dem Eintauchen ward dafür gesorgt, dass keine Luftblasen im Blut und an der Herzwand zurückblieben, und ferner dafür, dass das Herz die Wand des Glasgefässes nirgends berührte. Sowie der Versuch bis zu diesem Punkt gediehen war, konnte ein Beobachter mit Hülfe des Röhrchens *e* die Töne, welche sich jetzt noch hören liessen, wahrnehmen.

Bevor wir das, was zu hören war, beschreiben, müssen wir erwähnen, dass es uns trotz grösster Sorgfalt niemals gelungen ist, ein vollkommen blutfreies Herz für den Versuch zu gewinnen. Der rechte sowohl wie der linke Ventrikel zeigten sich jedesmal bei der Obduction noch mit einem merklichen

Blutrest behaftet, selbst wenn sie während des Versuchs den Anschein vollkommener Blutleere darboten. Da die arteria pulmonalis und die arteria aorta noch mehrere kräftige Contractionen ausgeführt hatten, nachdem ihre blutzuführenden Venen unterbunden waren, so gewinnt es darnach den Anschein, als ob sich die Kammerhöhlen nicht mehr vollständig in die Arterie zu entleeren vermöchten, wenn sich die Venenklappen aus Mangel an spannendem Blut nicht mehr zu stellen vermögen. So wünschenswerth eine weitere Verfolgung dieser Erscheinung ist, so wenig kann dieselbe als eine für unsern Zweck störende angesehen werden. In einigen Fällen haben wir die im Herzen restirende Blutmenge gemessen und mit denjenigen verglichen, welche nothwendig waren, um eine Entfaltung der Venenklappen an der linken Kammer herbeizuführen. Hierbei stellte sich heraus, dass die restirende Menge um das Vier- bis Zwanzigfache geringer war als diejenige, welche der Ventrikel zur Stellung der Zipfelklappen nöthig hatte. Demnach konnte die Blutmenge, welche das ausgeschnittene Herz noch fasste, in keiner Weise zur Klappenspannung genügen; dass dieses auch bei den Herzen, in denen wir keine ähnlichen Bestimmungen ausgeführt haben, unmöglich war, ging ohne Weiteres aus dem zusammengefallenen Ansehen derselben hervor, welches sie in der Diastole darboten.

Die Contraction der Kammern, welche das ausgeschnittene Herz sehen lässt, erstrecken sich entweder gleichzeitig auf alle Stücke derselben und sind dann normal und kräftig, oder sie erfolgen nicht gleichzeitig in allen Muskelpartien, sondern laufen peristaltisch ab. Die erste Art der Zusammenziehung wollen wir als Schlag, die zweite als Gewühl bezeichnen.

Natürlich glücken nicht alle Versuche; verfährt man jedoch mit den Unterbindungen rasch und nimmt man sie erst vor, nachdem die Brusthöhle 20—30 Minuten bei bestehendem Lufteinblasen eröffnet war, so gelingen weitaus die meisten der Beobachtungen.

Da das ausgeschnittene Herz sehr unregelmässig schlägt, so kann man diesen Umstand benutzen, um sich vor weitern Täuschungen sicher zu stellen. Man lässt den Beobachter, in dessen Ohr das Kautschukrohr ausmündet, mit abgewendetem Gesicht die Schläge zählen, welche er hört, während dess ein andrer Beobachter sich durch die Betrachtung des Herzens

überzeugt, ob die gesehenen mit den gehörten Schlägen übereinstimmen.

Auf diese Weise haben wir Beide uns davon vergewissert, dass das ausgeschnittene nahezu blutleere Herz während der Zusammenziehung seiner Kammern einen Ton hervorbringt, welcher, soweit unser Unterscheidungsvermögen reichte, nicht wesentlich von dem verschieden ist, den die Kammer-Systole des lebenden Hundeherzens erzeugt. Dieses trifft jedoch nur dann ein, wenn die Bewegung des ausgeschnittenen Herzens eine schlagende ist. Tritt statt ihrer das Kammerfleisch in die wühlende Bewegung, so verwandelt sich das, was man hört, in ein summendes Geräusch.

Die Herren Professoren *O. Funke* und *Schweigger-Seidel* haben die Güte gehabt, die von uns gewonnenen Resultate zu prüfen und dabei unsern Befund bestätigt. Trotzdem hielten wir es für gerathen, eine Bestätigung durch ein sehr geübtes Ohr zu erhalten. Wir ersuchten deshalb Herrn Dr. *L. Thomas*, sich an unsern Versuchen zu betheiligen und sich schriftlich über das, was er gehört hätte, auszusprechen. Herr Dr. *Thomas* hatte die Güte, unserm Wunsche zu entsprechen und uns namentlich die Erlaubniss zu ertheilen, die folgenden von ihm niedergeschriebenen Zeilen veröffentlichen zu dürfen. Wir legen selbstverständlich auf das Urtheil dieses ausgezeichneten Fachmannes einen grossen Werth. — Zu den drei Beobachtungen, welche Herr Dr. *Thomas* erwähnt, müssen wir bemerken, dass in der ersten derselben das Herz nicht mehr schlug, nachdem dieses in das Blut des Glaskolbens eingetaucht war, sondern dass seine Muskeln nur noch die wühlende Bewegung darboten; in den beiden andern Versuchen schlug das Herz innerhalb des Blutgefässes anfangs noch kräftig, dann aber ging es, wie immer, in das Muskelgewühl über.

»Beim ersten Versuch hörte ich ausser einem undeutlichen Summen, welches in unregelmässiger Weise wiederkehrte, nichts Auffallendes.

»Beim zweiten Versuch (27. März) hörte ich beim Eintauchen des Herzens sofort und sehr deutlich eine Reihe von ungefähr dreissig verhältnissmässig lauten einfachen »Tönen«. Die Schallerscheinung war kurz und scharf abgeschlossen, eine Spaltung durchaus nicht wahrzunehmen. Ihre Lautheit schätze ich auf die Hälfte eines normalen ersten Herztons; ihre Frequenz

auf 80—90. Ziemlich plötzlich wurden die Töne viel schwächer und langsamer; sie erschienen der geringeren Stärke wegen nicht so wie früher von dem im Gummischlauch entstehenden Nebengeräusch begleitet, also reiner, und hörten bald auf, um dem im ersten Versuch erwähnten undeutlichen Summen zu weichen.

»Beim gestrigen dritten Versuch waren anfänglich die Töne zwar in etwas geringerer Intensität, doch in völlig gleicher Qualität hörbar. Ihre Frequenz war zuerst viel beträchtlicher als früher; nachdem sie langsamer geworden waren, erschienen sie wie am Schlusse des vorgestrigen Versuchs. Zuletzt kam wieder das uncharakteristische Summen.

»Ich habe stets nur einen Ton wahrgenommen synchronisch mit der Systole.

»Der gehörte ‚Ton' hat nicht die geringste Aehnlichkeit mit einem Geräusch, welches durch Anklopfen oder auf andere Weise in dem bei der Untersuchung benutzten Glasgefäss entstanden sein könnte. Insbesondere bringt Anschlagen der Herzspitze an die Wandungen desselben eine irgend ähnliche Schallerscheinung nicht hervor.

»Der Ton unterscheidet sich vom normalen ersten Herzton nur durch seine Länge und etwas geringere Intensität; es erscheint der erste Herzton, zumal bei kräftiger Aktion öfters gespalten oder vielmehr so zu sagen leicht einfach oder doppelt gekerbt, was bei diesen Versuchen entschieden nicht der Fall war.«

Nachdem es durch die vorstehenden Versuche sicher gestellt war, dass das ausgeschnittene Herz unabhängig von der Klappenspannung zu einem Ton Veranlassung geben kann, entschlossen wir uns, das blutleere Herz noch zu einem andern, leichter zu handhabenden und sicherer gelingenden Versuch zu benutzen.

Dieser letztere bestand einfach darin, dass wir auf die oben beschriebene Weise das Herz des curarisirten Hundes blosslegten und die Fäden, deren wir oben Erwähnung gethan, um die Gefässe schlangen, dann durch einen Gehülfen die Fäden in der oben bezeichneten Reihenfolge so lange empor heben liessen, bis das Herz blutleer geworden war; sowie diess geschehen, nahm ein Beobachter mittelst eines Stethoscops, das unmittelbar auf den Ventrikel gesetzt wurde, die Auscultation vor. Um den Ton, welcher vom Herzen selbst ausging, unabhängig erschei-

nen zu lassen von demjenigen, welcher durch das Anschlagen der Herzmasse an das Material des Stethoscops erzeugt wurde, fertigten wir uns vier verschiedene Sorten von Stethoscopen an. Alle vier derselben besassen ein Kautschukrohr, das in einen kleinen Trichter auslief. Dieser letztere war an jedem von einem andern Material hergestellt. Der eine von ihnen war das bekannte Stethoscop von *König*, also Messing mit Kautschuk gedeckt; bei dem zweiten bestand der Trichter aus dünnem Messing, ohne Deckung an seiner Basis; bei dem dritten aus Glas ohne Deckung, am vierten endlich, welcher aus Messing hergestellt war, war die Basis mit einer dünnen Zinkplatte gedeckt, die an den Messingrand gelöthet war. — Beim Anschlagen mit dem Finger gab jeder dieser Trichter einen eigenthümlichen wohl zu unterscheidenden Klang.

Als wir der Reihe nach die aufgezählten Stethoscope auf das Herz anwendeten, hörten wir zwei tonartige Geräusche; das eine von diesen wechselte mit dem Material des angewendeten Trichters, das andere war dagegen in allen Fällen dasselbe. Herr Dr. *Thomas*, welcher auch bei einigen von diesen Versuchen uns zu unterstützen die Güte hatte, schilderte das, was er gehört, durch folgende tabellarische Mittheilung.

Material, welches das Herz berührt.	Im Beginn	Im Verlauf der Kammercontraction.	Zu Ende
Kautschuk	unbestimmtes Geräusch, ganz kurz, relativ laut	sehr reiner Herzton	scharrendes gedehntes Geräusch, vom Herzton deutlich zu unterscheiden.
Metall. Luft	Schwaches unbestimmtes Geräusch	Herzton dumpf, wenig stark	schwaches dumpfes Streifen.
Glas. Luft	dasselbe	Herzton deutlich hell, nicht laut	ein Hauchen neben einem hellen hohen Pfeifen.
Metall	nichts	Herzton schwach und dumpf	unbestimmtes schwaches Streifen.

Mit dieser Bezeichnung der Empfindungen konnten wir uns ebenfalls einverstanden erklären, wenn wir auch, wie es bei der unvollkommenen Bezeichnungsweise der Geräusche natürlich ist, uns etwas andrer Ausdrücke bedient haben würden. Dar-

über, und diess scheint uns das Entscheidende, war jedoch bei allen Betheiligten kein Zweifel, dass die in der ersten und letzten Reihe aufgeführten Nebentöne auch durch die Berührung der in der ersten Reihe aufgezählten Materialien zu Stande kamen und dass neben diesen Geräuschen noch ein Ton von den bekannten Eigenschaften des ersten Herztons gehört wurde. Dieser letztere musste also schon innerhalb des Kammerfleisches entstanden sein, da er durch den Anstoss einer weichen Fläche gegen die verschiedenen Materialien des Hörtrichters nicht hervorzubringen war.

Mit einigen leicht zu erfüllenden Vorsichtsmassregeln lässt sich der letzterwähnte Versuch ausserordentlich oft wiederholen und variiren. Denn wenn in Folge der einige Minuten dauernden Blutleere das Herz unregelmässig und schwach zu schlagen beginnt, so braucht man nur die emporgehobenen Ligaturen zu senken, damit das Blut von Neuem einige Minuten das Herz durchsetzt und dieses wieder herstellt. alsbald kann man die Ligaturen wieder anziehen und die Beobachtung am blutleeren Herzen wiederholen.

Dieses Verfahren wird auch geeignet sein, um den Unterschied des Geräusches zu ermitteln, welchen das blutleere im Gegensatz zu dem Herzen ausgiebt, dessen Höhlen mit Blut gefüllt und dessen Zipfelklappen darum gespannt sind.

Während wir am ausgeschnittenen Herzen niemals etwas von dem zweiten Herzton wahrnehmen konnten, haben wir ihn mehrmals, wenn auch schwach, an dem Herzen beobachtet, das in seiner normalen Lage blutleer gemacht worden war. Auch Herr Dr. *Thomas* hat sich in einem Fall von der Anwesenheit dieses zweiten Tons überzeugen können. Sein Erscheinen verliert das Auffällige, wenn man erwägt, dass, wie schon früher bemerkt, trotz der Fadenschlingen um die Gefässe die Herzhöhlen noch etwas Blut enthalten. Dieses dürfte, wenn es in eine Aorta geworfen wird, die in der Nähe des Herzens abgebunden ist, hinreichen, um die Halbmondklappen zu entfalten. Diese letztern konnten aber während der vorhergehenden Pause etwas zusammenfallen, weil dem Inhalt des Aortenstumpfes durch die Kranzarterien ein Ausweg gestattet war. Bei einer Wiederholung der vorstehenden Versuche wird hierauf Rücksicht zu nehmen sein; lässt man die Aorta offen, während alle übrigen grossen Gefässe geschlossen sind, so wird, wie zu er-

warten, der zweite Ton immer ausbleiben, eine Annahme, von deren Richtigkeit wir uns schon überzeugt zu haben glauben.

Eine weitere Fortsetzung der vorstehenden Versuche haben wir unterlassen, da wir der Ueberzeugung sind, dass sie erfolgreicher von Andern weiter geführt werden können, welche besser als wir im Auffassen der Herztöne geübt sind. Uns hat es genügt, eine neue Stütze gewähren zu können der zuerst von *Charles Williams* ausgesprochenen Behauptung, welche, wenn wir sie recht verstehen, dahin lautet: »dass das Muskelgeräusch einen wesentlichen Antheil an der Erzeugung des ersten Herztons nehme.« So gefasst, bleibt durch die vorliegenden Beobachtungen nicht ausgeschlossen, dass auch noch andere Umstände wie z. B. die Erzitterung der Klappen einen Beitrag zum ersten Herzton liefern. Durch Versuche an Hunden, die mit Curare beruhigt sind, wird sich dieses von einem geübteren Ohr leicht ermitteln lassen.

In obigen Zeilen wurde wiederholt der Ton, welchen das ausgeschnittene blutleere Herz erzeugte, als ein Muskelton bezeichnet. In der That scheint die Berechtigung zu diesem Ausdruck auf dem Wege der Exclusion geführt zu sein. Welch' andrer Umstand könnte noch tonerzeugend wirken? Gesetzt, man anerkenne aber in dem ersten Herzton einen Muskelton, so würde es immer fraglich bleiben, ob dieser seiner Entstehung nach mit den Geräuschen oder Tönen in Parallele gesetzt werden dürfe, welche in tetanisch erregten Muskeln entstehen. Bekanntlich begünstigen die in der neuern Zeit bekannt gewordenen Thatsachen die Unterstellung, dass die Systole der Kammern eine einfache Zuckung sei; bei einer solchen wäre also von einer Reihe rasch aufeinander folgender Stösse nicht die Rede, die, wie *Helmholtz* zeigte, die Höhe des Tons bestimmen, der vom tetanisirten Muskel ausgeht. Kaum wird es der Erwähnung bedürfen, dass auch ohne eine Reihe rasch ablaufender Erregungsstösse ein System von Fasern, wie das des Herzens, das sich so plötzlich spannt und so vielfach verschlungen ist, Töne oder Geräusche veranlassen kann.

SITZUNG AM 9. MAI 1868.

Alex. von Basaroff, *Ueber directe Verwandlung des kohlensauren Ammoniaks in Harnstoff.* Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede *H. Kolbe.*

Die Leichtigkeit, womit der Harnstoff unter Aufnahme der Elemente des Wassers in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt, hat schon lange den Gedanken angeregt, ob sich nicht umgekehrt kohlensaures Ammoniak durch Wasserentziehung auch in Harnstoff sollte umwandeln lassen. Da die in dieser Richtung angestellten Versuche bislang erfolglos geblieben sind, so glaubte Prof. *Kolbe*, welcher den Harnstoff nicht, wie noch von den meisten Chemikern geschieht, für identisch mit Carbamid ansieht, sondern als das Amid der Carbaminsäure betrachtet, von dem carbaminsauren Ammoniumoxyd ein günstigeres Resultat erwarten zu dürfen. Man gewinnt dasselbe, wie Prof. *Kolbe* schon vor vielen Jahren gefunden hat, leicht und vollkommen rein durch Einleiten von trocknem Ammoniakgas und trockner Kohlensäure in absoluten Alkohol. Wird das nach und nach in reichlicher Menge sich ausscheidende krystallinische Salz von der Mutterlauge getrennt und darauf mit absolutem Alkohol in einer hermetisch verschlossenen Röhre auf 100° C. erhitzt, so löst es sich darin auf und krystallisirt beim langsamen Erkalten in grossen dünnen Tafeln aus. Noch sei hier bemerkt, dass diese Krystalle ein ganz und gar anderes Ansehen haben, wie die aus langen Nadeln bestehenden Krystallgruppen, in welchen das käufliche anderthalb kohlensaure Ammoniak bei gleicher Behandlung sich absetzt.

Obschon zahlreiche Versuche, welche Prof. *Kolbe* theils selbst angestellt hatte, theils von mehreren seiner Schüler in der Absicht hatte ausführen lassen, jenes carbaminsaure Am-

moniak durch Wasser entziehende Mittel in Harnstoff umzuwandeln, nicht zum Ziele geführt hatten, so gab er doch die Hoffnung nicht auf, dieses Ziel zu erreichen. Auf seine Veranlassung unterwarf ich das carbaminsaure Ammoniak neuen Versuchen, und bin endlich so glücklich gewesen, die Umwandlung desselben in Harnstoff auf höchst einfache Weise zu bewerkstelligen.

Nach mancherlei andern vergeblichen Versuchen erhitzte ich über Schwefelsäure vollkommen getrocknetes reines carbaminsaures Ammoniak für sich allein in engen, dickwandigen, hermetisch verschlossenen Glasröhren mehrere Stunden lang auf 125° bis 130° C., bei welcher Temperatur der trockne Harnstoff noch nicht anfängt sich zu zersetzen. Die Röhren haben dabei einen sehr starken Druck auszuhalten und explodiren deshalb häufig. Auch nach dem Erkalten beim vorsichtigen Oeffnen der Röhren entweicht viel Gas, wesshalb die Enden derselben zu stark verengten Spitzen ausgezogen sein müssen.

Wird die wässrige Lösung des Inhaltes von mehreren solcher Röhren im Wasserbade eingedampft, bis kein Geruch von entweichendem kohlensaurem Ammoniak mehr zu bemerken ist, so bleibt der gebildete Harnstoff zurück. Durch Umkrystallisiren aus wenig heissem Wasser erhält man ihn leicht rein und mit allen seinen charakteristischen Eigenschaften. Auch ergiebt die Elementaranalyse dieses Produkts eine procentische Zusammensetzung, welche mit der des Harnstoffs genau übereinstimmt.

Die Bildung des Harnstoffs aus carbaminsaurem Ammoniumoxyd wird durch folgende Gleichung am besten interpretirt.

$$\underbrace{(C_2O_2)H_2N,O.H_4NO}_{\substack{\text{Carbaminsaures}\\ \text{Ammoniumoxyd.}}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}(C_2O_2)H_2N\\ H_2\end{matrix}\right\} N}_{\text{Harnstoff.}} + 2HO$$

Nach jenem günstigen Erfolg prüfte ich weiter, ob nicht auch das gewöhnliche kohlensaure Ammoniak beim Erhitzen bis auf 130° in Wasser und Harnstoff zerfalle. Auch dieser Versuch hat meiner Erwartung entsprochen. Die Ausbeute an Harnstoff ist nicht geringer als bei Anwendung von carbaminsaurem Ammoniak.

H. Kolbe, *Ueber Elektrolyse der Essigsäure.*

Wie ich vor 20 Jahren fand, erfährt die Essigsäure, wenn man die concentrirte wässrige Lösung ihres Kalisalzes unter Anwendung zweier Platinplatten als Elektroden elektrolysirt, am Sauerstoffpol eine Oxydation und Zersetzung in Kohlensäure und Methyl. Anders verläuft der Process bei der Elektrolyse des Essigsäurehydrats, nachdem man dasselbe durch Zusatz von wenig Wasser und Schwefelsäure hinreichend leitungsfähig gemacht hat.

Ich habe die 12 Stunden lang elektrolysirte saure Flüssigkeit nach Verdünnen mit Wasser durch sorgfältig abgemessenen Zusatz von Barytwasser vollständig von der Schwefelsäure befreit, dann filtrirt und das Filtrat, zuletzt auf dem Wasserbade, verdampft. Es hinterbleibt eine wenig gefärbte syrupartige Flüssigkeit von stark saurer Reaction, welche beim längeren Verweilen über Schwefelsäure krystallinisch erstarrt.

Diese Säure ist wenig flüchtig und verkohlt zum grossen Theil, wenn man sie auf Platinblech rasch erhitzt. Sie giebt mit allen Basen lösliche Salze, welche wenig befähigt sind gut zu krystallisiren. Das Kalksalz krystallisirt beim Stehen der concentrirten wässrigen Lösung über Schwefelsäure in Warzen, die aus kleinen Krystallnadeln zusammengesetzt sind. Seine wässrige Lösung wird durch Alkohol krystallinisch gefällt.

Die Analyse dieses Kalksalzes ergab dieselbe procentische Zusammensetzung, welche der glycolsaure Kalk hat. Die durch Elektrolyse der Essigsäure gewonnene Säure ist aber mit der Glycolsäure nicht identisch, wovon ich mich durch sorgfältige Vergleichung ihrer Verbindungen, besonders der Blei- und Zinksalze genau überzeugt habe.

Die Bildung jener Isoglycolsäure aus der Essigsäure erklärt sich leicht, wenn man erwägt, dass der Essigsäure am Sauerstoffpol nascirender Sauerstoff in hinreichender Menge dargeboten wird, um durch directe Aufnahme von zwei Atomen desselben in Isoglycolsäure überzugehen:

$$\underbrace{C_4H_3O_3.HO}_{\text{Essigsäure.}} + O_2 = \underbrace{C_4H_3O_5.HO}_{\text{Isoglycolsäure.}}$$

Dass die Isomerie der Glycolsäure mit der Isoglycolsäure, deren Existenz ich vor einigen Jahren voraussagte (Annalen der Chemie 1863. Bd. 127, S. 159), von einer Verschiedenheit ihrer rationellen Zusammensetzung herrührt, ist wohl keinem Zweifel unterworfen. Voraussichtlich erweisen sich die Vermuthungen, welche ich a. a. O. über die Ursachen dieser Isomerie ausgesprochen habe, welche aber wenig Beifall gefunden haben, durch fortgesetzte Untersuchung der Isoglycolsäure doch als richtig.

Dr. A. Prussak, *Zur Physiologie und Anatomie des Blutstroms in der Trommelhöhle.* Vorgelegt von dem w. Mitgliede *C. Ludwig.* Mit zwei Tafeln in Farbendruck.

Der Blutstrom in der Wand der Trommelhöhle muss mit eigenthümlichen Einrichtungen ausgestattet sein, die es bedingen, dass im gewöhnlichen Laufe des Lebens der Hohlraum der Trommel seine Füllung mit Luft behauptet. Bei der geringen Festigkeit der Weichtheile, welche die Blutgefässe von dem Luftraum der Trommelhöhle scheiden, könnte man häufige Blutungen in sie erwarten; — da den weichen Bedeckungen der knöchernen Trommelwand die Lymphgefässe fehlen, so müssten, sollte man glauben, die serösen Ergüsse, welche in den aus Bindegewebe hergestellten Häuten so häufig vorkommen, an unserm Ort ganz besonders Störungen veranlassen; — da ferner die Trommelhöhle mit einem Epithelium ausgekleidet ist, so muss auch eine Abschuppung desselben eintreten. Geschähe dieselbe einigermassen reichlich, so wäre eine Anhäufung der Schüppchen in der Trommelhöhle um so sicherer zu erwarten, als die Mittel, welche zur Entfernung derselben durch die tuba Eustachii hindurch hier zu Gebote stehen, keineswegs zur Förderung grösserer Massen geeignet sind. Von allen den Schäden, welche soeben als drohend bezeichnet wurden, sieht man jedoch für gewöhnlich keinen eintreten. Wenn hieraus mit Recht auf ein besonderes Verhalten des Blutstroms in den Bedeckungen der Trommelknochen zu schliessen ist, so weisen nicht minder andere Thatsachen auf einen eigenthümlichen Blutstrom im Trommelfell hin.

Für die Aufnahme des Schalles scheint es in keinem Fall gleichgültig zu sein, bis zu welchem Grade die Gefässe des Trommelfells mit Blut erfüllt sind und namentlich, ob das

Trommelfell-Theil nimmt an den veränderlichen Congestivzuständen, welchen die Ohrmuschel so reichlich ausgesetzt ist.

Diese Ueberlegungen forderten zu einer erneueten Prüfung über das Verhalten der Blutgefässe in der Trommelhöhle auf. Da die Eigenschaften des Blutstroms, welche auf fundamentale Lebensvorgänge Bezug nehmen, sich bekanntlich in gleicher Weise beim Menschen und den Säugethieren gestalten, so schien es mir gestattet, als Object der Beobachtung die Trommelhöhle des Hundes zu wählen, ohne der Befürchtung ausgesetzt zu sein, dass diese Wahl die Gültigkeit der gewonnenen Resultate für das menschliche Ohr beeinträchtigen würde. Die Kenntniss des anatomischen Verhaltens der Gefässe in der Trommelhöhle erwies sich aber um so nothwendiger, als ich im Verlauf meiner Untersuchungen eine Methode kennen lernte, nach welcher man am lebenden Hund die genannte Höhle in der Weise bloszulegen vermag, dass man den Blutstrom in ihr mit vollster Deutlichkeit beobachten und den Veränderungen, die er durch Nervenerregung erleidet, nachgehen kann. Die Fragen, deren Lösung sich durch die Verbindung von anatomischen und physiologischen Methoden in Aussicht stellte, erwiesen sich bald so zahlreich, dass an ihre Beantwortung während meines kurzen Aufenthalts in Leipzig nicht gedacht werden konnte. Ich muss mir deshalb vorbehalten, nach meiner Rückkehr in St. Petersburg auf den vorliegenden Gegenstand noch einmal zurückzukommen.

I. Ueber das anatomische Verhalten der Blutgefässe und ihrer Umgebung.

Die künstliche Füllung der Blutgefässe, welche in der Wand der Trommelhöhle liegen, ist nicht ohne Schwierigkeit, namentlich wenn man nicht bloss eine vollständige Füllung derselben zu erhalten, sondern auch zu erfahren wünscht, von welchem arteriellen Zufluss jede einzelne Abtheilung der Paukenwand versorgt wird und in welche Venen sie ihr Blut ergiesst. Das wesentliche Hinderniss, welches sich der Erlangung der zuletzt geforderten Erkenntniss entgegenstellt, liegt in den zahlreichen und feinen Aestchen, welche in die Trommelhöhle eintreten und die, obwohl sie einen verhältnissmässig selbstständigen Verlauf besitzen, dennoch einem System angehören,

das in seinen gröbern Verästelungen auf die mannigfachste Weise durch Collateralwege verbunden ist.

Das vorgesteckte Ziel scheint mir nur dadurch mit Sicherheit erreichbar zu sein, dass jedes einzelne der Paukenästchen isolirt eingespritzt wird und zwar so, dass die in das betreffende Gefäss geführte Masse nur in die Paukenhöhle dringt, ohne auch ausserhalb derselben sich zu verbreiten. Diese dem Injectionsverfahren gestellte Aufgabe ist mit den neuesten Verbesserungen desselben lösbar, vorausgesetzt dass man mit der Topographie der zuführenden und der abführenden Stämmchen auf das genaueste vertraut ist und dass man eine leicht bewegliche kalte Masse einspritzt.

Unter den mannigfachen Massen, welche gegenwärtig angewendet werden, fand ich für den vorliegenden Zweck am brauchbarsten eine concentrirte Lösung von Berliner Blau, welches nachträglich durch Zusatz von Kochsalz ausgefällt war. Die Kochsalzmenge muss sehr allmählich der blauen Lösung zugefügt werden, und zwar nur in dem Maasse, dass nicht weniger als ein halbes und nicht mehr als ein ganzes Procent von NaCl in der Flüssigkeit gelöst ist. Die Absicht, welche mit diesem vorsichtigen Zusatz von Kochsalz erreicht werden soll, besteht darin, dass der Niederschlag möglichst feinkörnig wird. Zu der gefällten blauen Farbe mischt man ein gleiches Volum Glycerin, um die gern an der Gefässwand haftenden und in Folge davon die Lichtung verstopfenden blauen Körnchen leichter beweglich zu machen. Mit dieser Masse erhält man allerdings keine sogen. Musterpräparate; denn nach der vollendeten Injection strotzen die Gefässe niemals, sondern sie sind nur auf ihrem Verlauf durch eine deutlich blaue Färbung gekennzeichnet, die in die Arterien etwas tiefer als in die Venen hervortritt. Diese unvollkommene Füllung halte ich jedoch gerade für einen Vortheil, weil durch die blaue Farbe hindurch die mikroskopische Structur der Wand in der Regel noch zu erkennen ist. Darum ist man immer in der Lage, mit Hilfe von Carminfärbung festzustellen, welcher Gattung von Gefässen das injicirte angehört. — Statt eines feinen Niederschlags des Berliner Blau's habe ich auch einen solchen von Carmin, mit wässerigem Glycerin versetzt, brauchbar gefunden.

Die Orte, an welchen man behufs der partiellen Injection die Canüle einzusetzen hat, ergeben sich, wie oben bemerkt, aus der

genauen Kenntniss des Ursprungs und Verlaufes der Zweige, welche überhaupt zur Paukenhöhle treten. Statt einer ausführlichen Beschreibung gebe ich in Tafel I. Fig. I eine Abbildung von der Arterienvertheilung in der Umgegend der Paukenhöhle, insbesondere soweit sie von der a. carotis ext. aus geschieht.

Ueber die Bedeutung der in die Figur eingeschriebenen Zahlen und Buchstaben giebt die nachstehende tabellarische Zusammenstellung Aufschluss. Diese letztere ist nach den Bezirken der Pauke geordnet, in welche sich die bezeichneten Gefässe verbreiten. — An diese Tabelle schliesst sich eine andere an, welche die Arterien der Pauke mit dem ihnen zugehörigen Verbreitungsbezirk aufzählt.

Gefässe der Paukenhöhle nach der Oertlichkeit der letztern geordnet.

1. Meatus auditorius externus, und zwar
   äusserer Theil des knorpeligen Stücks,
   ram. art. auricularis posterior 6. a, b.
   » » auricularis inferior 7. c, d, e, f.
   Innerer Theil des knorpeligen und des knöchernen meatus externus,
   ram. art. auricularis posterior 6. k.
   » » auricul. profunda 12. o. p.
2. Trommelfell,
   ram. art. auricularis posterior 6. k.
   » » auricularis profunda 12. o. p.
3. Periost der Pauke.
   Aeussere Paukenwand hintere Hälfte,
   ram. art. auricularis posterior 6. l.
   Aeussere Paukenwand, vordere Hälfte, Zweig der maxillar. interna 11.
   Hintere Paukenwand,
   ram. art. auricularis posterior 6. l.
   Dach der Pauke.
   Zweig der maxillaris interna 11.
   Vordere Paukenwand.
   Besonderer Zweig aus der carotis externa 13.
   Bulla ossea.

Zweig aus der carotis externa 13.
Zweig aus der art. auricul. poster. 5.
Innere Paukenwand.
Oberer Theil der innern Wand,
Aestchen aus arter. maxillaris interna 11.
Mittler und unterer Theil (promontorium),
Zweige aus der carotis interna.

4. Membrana tympani secundaria,
Zweige aus der art. carotis interna.
5. Musculi tensor tympani und stapedius,
Zweig aus der art. maxillar. interna 11.
6. Paukenende der tuba Eustachii (ostium tympanicum tubae).
Ast maxillar. interna (11).

Gefässe der Paukenhöhle nach dem Ursprung aus den Arterien geordnet:

a. auricularis posterior 6.
Knorpeliger und knöcherner Gehörgang. Trommelfell. Periost der Pauke an der hintern Hälfte der äussern Wand und an der hintern Wand. — Bulla ossea an der äussern und untern Wand.
a. auricularis inferior 7.
Aeusserer Theil des knorpeligen Gehörgangs.
a. auricularis profunda 12.
Innerer Theil des knorpeligen und knöchernen Gehörgangs. Trommelfell.
art. maxillaris interna 11.
Periost der vordern Hälfte der äussern Wand, Dach, oberer Theil der innern Wand. Mm. tensor tympani und stapedius. Tuba Eustachii.

Besondere Zweige der a. carotis externa (pharyngea ascendens?) 13.
Bulla ossea an der vorderen und inneren Wand der Pauke.
a. Carotis interna. Promontorium — Fenestra rotunda.

Zur Anfüllung der Gefässe am Promontorium und seiner Umgegend eignet sich auch und zwar vorzugsweise der sin. cavernosus nach vorgängiger Unterbindung der art. carotis

interna diess- und jenseits des Schläfenbeins und gleichzeitiger Verstopfung des durchschnittenen sinus durch eine Gypspaste.

Um mit Bequemlichkeit zu den gewünschten Arterien-Aestchen gelangen zu können, trennt man den Schädel von der Wirbelsäule und halbirt ihn. Darauf sucht man sich nach Anleitung eines gut angefertigten gröbern Injectionspräparates den Arterienstamm auf, aus welchem der Ast hervorgeht, dessen Anfüllung man zu bewirken wünscht, setzt die Canüle so nahe als möglich an den Paukenzweig und unterbindet sorgfältig alle übrigen Aeste, welche aus der canülentragenden Arterie hervorgehen.

Wie vorsichtig man nun auch mit der Unterbindung der Gefässe vorgehen mag, so gelingt sie doch in der Regel nicht vollständig. Um hieraus keinen Nachtheil erwachsen zu lassen, muss die Injection unter einem niedrigen Druck, d. h. mit 10—20 Mm. Quecksilberhöhe begonnen und dann beachtet werden, ob Blutungen eintreten oder ob sich ausser der gewünschten Arterie auch noch andere mit Masse füllen.

Ist dieses der Fall, so sind jetzt noch leicht die nothwendigen Unterbindungen auszuführen. Wird darauf, sowie dieses letztere geschehen, der Injectionsdruck erhöht, so fliesst gewöhnlich die Masse aus den Venen sehr rasch aus, ohne dass sich der ganze Bezirk, welcher von der Arterie gespeist wird, vollkommen erfüllt hätte. Will man das letztere herbeiführen, so müssen die abführenden Venen unterbunden oder zugeklemmt werden.

Die hier beschriebenen Vorbereitungen sind zwar zeitraubend, aber dafür gewähren sie auch die genaueste Auskunft über die Gefässverbreitung in den einzelnen Abschnitten der Trommelhöhle. Nach einer sorgfältigen Vorbereitung gelingt es bei eröffneter Trommelhöhle den Fortschritt der Masse verfolgen zu können. Dieses gilt namentlich für die Gefässe des Promontoriums, welches man leicht durch Wegnahme der bulla ossea freilegen kann.

Durch das bis dahin beschriebene partiale Injectionsverfahren ist es mir jedoch niemals gelungen, eine vollständige Injection des Trommelfells herbeizuführen. Einen bessern, wenn auch nicht vollständig sichern Erfolg erzielte ich auf die folgende Weise: Der Hals des Hundes wurde unterhalb der ersten Rippe abgeschnitten, die aus dem Intervertebralcanal

kommenden Stämme beiderseits unterbunden, ein gut schliessender Kork in den Wirbelcanal möglichst fest eingetrieben und darauf eine Schlinge von starker Hanfschnur um den untersten Theil des noch mit der Haut bedeckten Halses gelegt. Diese Schlinge wird dann fest zugezogen und zwar am besten mit Hülfe einer starken Schraube. Ich benutzte hierzu, weil mir dieselbe gerade zu Gebote stand, den Zug einer Hobelbank. Unzweifelhaft wird sich aber auch jeder andere kräftigere Schlingenschnürer z. B. ein starkes Tourniquet hierzu gebrauchen lassen. Alsdann wurde durch ein gablig getheiltes Rohr die Injectionsmasse gleichzeitig in die beiden Carotiden geführt und zwar unter einem hohen Druck. In den sorgfältig vorbereiteten Kopf dringt sehr viel Masse ein, ohne dass aus den Venen etwas hervorfliesst, oder, wenn doch, so wenig, dass weitaus der grösste Theil des Zugeflossenen in dem Präparat zurückbleibt. Bei einer längern Fortsetzung der Injection treten oedematöse Anschwellungen verschiedener Weichtheile ein, weil die flüssigen Bestandtheile der Masse durch die Wandungen filtriren; der feinkörnige Farbstoff bleibt jedoch innerhalb der Gefässe zurück.

Unter den aufgezählten Bedingungen füllt sich jeder nicht schon vorher bluthaltige Gefässabschnitt des Kopfes höchst vollständig mit blauer Farbe an; diejenigen Bezirke dagegen, in welchen Blut eingefangen ist, können natürlich keine blaue Masse aufnehmen. Dieses letztere ist leider nicht selten in den Gefässen der Trommelhöhle der Fall, selbst wenn die Thiere durch Verblutung getödtet waren. Aus diesem Grunde bleibt es dem Zufall überlassen, ob die totale Injection innerhalb der uns interessirenden Theile zum gewünschten Ziele führt.

Bevor ich zur Beschreibung der Gefässpräparate übergehe, die ich auf die angegebene Weise erhalten habe, muss ich mich erst kurz über die Gewebe auslassen, innerhalb welcher die Gefässe gelegen sind.

1. Die weiche Bedeckung des Knochens ist am Promontorium und in der bulla ossea des Hundes am dünnsten. Ihre oberste Lage besteht aus einem Epithelium mit kleinen und sehr dünnen Schüppchen; diese hängen zwar auf ihrer Unterlage sehr fest, aber sie lassen sich doch durch Jodserum isoliren. Auf einem Schnitt, der senkrecht gegen die Fläche des Promontoriums gerichtet ist, erscheinen die Schüppchen als eine wohl-

abgegrenzte aber unmessbar feine Linie. — Vom Epithelium bis zum Knochen erstreckt sich ein fasriges netzförmig angeordnetes Bindegewebe, das sich aus zwei Lagen zusammensetzt, die sich öfter leicht von einander trennen lassen. Aus der dem Knochen näheren Lage gehen Fasern in die tunica adventitia der Knochengefässe über. Diese tiefere Bindegewebslage darf deshalb als ein Periost angesehen werden.

2. In der hintern Rinne, durch welche die äussere in die innere Trommelwand übergeht, also an der hintern Wand der Trommelhöhle und ferner auf der äussern Wand hinter und unter dem Trommelfell und von da ab noch bis in die Tuba ist das Epithelium aus Flimmerzellen hergestellt. Die Körper des Flimmerepithels beginnen von hintenher klein und niedrig; gegen die Tuba hin nehmen sie allmählich an Grösse zu, bis sie endlich den Flimmercylindern in der Tubenschleimhaut vollkommen ähnlich sind. Durch Jodserum kann man diese Flimmerzellen isoliren und alsdann ihre Cilien in lebhaftester Thätigkeit sehen. Auf einem Querschnitt gelingt es jedoch ebenfalls leicht sich von der Anwesenheit dieser Gebilde zu überzeugen, welche *Tröltsch* an den entsprechenden Stellen der menschlichen Pauke zuerst beobachtet hat. — In den Gegenden, welche ein Flimmerepithelium tragen, ist das Bindegewebe wohl doppelt so stark angelegt, als in denen, welche von den Epithel-Schüppchen bedeckt sind.

3. Das Trommelfell ist auf seiner von dem äussern Gehörgang her sichtbaren Fläche von einer Fortsetzung der Cutis überzogen, welche namentlich dem Hammergriff gegenüber stark ist. Dem entsprechend ist die ganze äussere Fläche des Trommelfells von Epidermis überkleidet. — Die tunica propria besteht auch beim Hund aus einer radiären und einer innern circulären Faserung. Nach Innen von dieser letztern trifft man auf ein plattenförmiges, nicht flimmerndes Epithelium. An dem Rand des Trommelfells schiebt sich zwischen das Epithelium und die circuläre Faserung der tunica propria ein schmaler Streifen von Bindegewebe ein, welcher als eine Fortsetzung der sogenannten Schleimhaut der Trommelhöhle anzusehen ist. — Ich will hier gleich bemerken, dass alle Blutgefässe des Trommelfells einerseits nur in der Fortsetzung der Cutis und andrerseits sich nur in der Fortsetzung der Trommelschleimhaut befinden.

Um sich in der nun folgenden Beschreibung der Blutgefässe

und ihrer Vertheilung zurecht zu finden, bitte ich sogleich die Figuren auf Tafel II anzusehen.

Von den in Figur II dargestellten Gefässen geben die rothgefärbten den Bezirk wieder (promontorium), welcher aus der art. carotis interna (*b*) versorgt wird, die blaugefärbten empfangen dagegen ihre Zuflüsse aus einem Aestchen der arteria maxillaris interna. Da die Zeichnung unter der Lupe angefertigt wurde, so ist es nicht möglich, aus einer Zergliederung der Structur zu entscheiden, was Vene und was Arterie sei. Die grössern Stämmchen der beiden Reviere sind jedoch, wie die nachträgliche Untersuchung zeigte, Venen. — Der allgemeine Charakter, nach welchem die Zusammenfassung der kleinern in grössere Venen geschieht, ist in dem rothen Bezirk augenfällig ein anderer als in dem blauen; in dem letztern tritt die gablige Verästelung mehr in den Vordergrund, so dass aus dem allmählichen Zusammentritt kleinerer Zweige ein grösseres abführendes (*a*) entsteht. Auf dem Promontorium bildet sich dagegen ein reichliches Netz, das aus feinern und stärkern Aestchen besteht, so dass das Blut, welches in einem der feinen Zweige strömt, auf mehreren gleichlangen Wegen in eine grössere Vene übergehen kann. Die grössern Venen sind reichlich vorhanden und so beschaffen, dass keine von ihnen als die angesehen werden kann, welche aus dem Zusammenfluss aller übrigen entstanden ist. Dieses Verhalten lässt darauf schliessen, dass der Abfluss zugleich an mehreren Orten stattfinde, eine Annahme, welche durch die genauere Untersuchung bestätigt wird. An vielen Orten stehen die Venen in unmittelbarem Zusammenhang mit denjenigen des Knochens, an einigen gehen unmittelbar Zweige in den sinus cavernosus über, und endlich geht ein starker Zweig durch die Fenestra rotunda, von dem ich, obwohl ich ihn nicht weiter verfolgt, doch wohl behaupten darf, dass er mit den Labyrinthvenen in Verbindung trete. Wenn man den hier rothgefärbten Venenbezirk vom sinus cavernosus aus anfüllt, während man das Promontorium der Beobachtung zugänglich gemacht hat, so sieht man von einigen wenigen Stellen aus die in der Nähe von *c* gelegen sind das Netz allmählich sich anfüllen, bis zu den Verbindungen hin, die es mit dem blaugefärbten Bezirk eingeht.

Fig. III giebt einen kleinen Theil der Gefässverzweigung auf dem Promontorium wieder, wie er sich bei einer 300fachen Ver-

grösserung ausnimmt. Die rothgefärbten Bahnen stellen Arterienzweige dar, der Nachweis der arteriellen Natur ist hier aus der Structur mit Sicherheit geführt worden. Die blaugefärbten Bahnen sind ihrer Structur nach venöse. Die violetten solche, an welchen die arterielle Structur im Verschwinden begriffen war.

Was an der Vertheilung zuerst in die Augen fällt, sind die langen schmächtigen Arterien, welche bei ihrer Vertheilung in Aeste zerfallen, deren Caliber im Verhältniss zu dem des Stammes ein grosses genannt werden muss. Die letzten Arterienäste laufen öfter weithin, ohne sich zu verzweigen; geschieht dieses, so gehen die entstandenen Zweige sehr rasch in Venen über, so dass von einer Capillarbildung kaum die Rede ist. Sehr häufig stösst sogar unmittelbar ein Gefäss mit arterieller Structur an ein solches mit venöser. — Im vollen Gegensatz zu der arteriellen Verzweigung steht nun die Zusammenfassung der Venen. Die kleinern Gefässe dieser letztern Art treten vielfach in netzförmiger Verbindung zu einander. Aus den Maschen dieser letztern gehen zahlreiche Aestchen in ein zweites Netzwerk über, das aus grössern Venenstämmchen zusammengesetzt ist; dieses letztere Netz verhält sich im Allgemeinen gerade so wie das zuerst beschriebene.

Ueber die Lagerung der Gefässe innerhalb der verschiedenen Schleimhautschichten ist noch zu bemerken, dass die den Capillaren entsprechenden Gefässe zunächst am Epithelium gelegen sind.

Wenn ich nicht irre, so ist das bis dahin geschilderte Verhalten der Gefässe auf dem Promontorium keineswegs diesen letztern allein eigenthümlich, sondern es tragen denselben Charakter die Gefässe des Periostiums überhaupt. An der innern Wand der Hirnschale findet sich, wenigstens wie ich gesehen, ganz dieselbe Anordnung der Gefässe wie am Promontorium.

Um sich eine Vorstellung über den Verlauf des Blutstroms in einem System zu verschaffen, das so eigenartig gebaut ist, wie das unsere, kann man sich der künstlichen Injection bedienen. Da die Gefässe des Promontoriums aus der art. carotis interna hervorgehen, während diese durch den canalis caroticus läuft, so kann man leicht die Zweige des Promontoriums aus der a. carotis interna her und zwar ganz isolirt füllen, und zugleich den Fortschritt des Stroms auf dem freigelegten Pro-

motorium beobachten. Indem man dieses thut, bemerkt man, dass die Masse, welche in ein Arterienästchen gedrungen, sogleich in die Venen übergeht: darum ist es ganz unmöglich, zuerst sämmtliche arterielle und von hier aus erst nachträglich die venösen Gefässe anzufüllen. Demnach sollte man erwarten, dass eine Füllung sämmtlicher arterieller Bahnen, vorausgesetzt dass der Abfluss aus den Venen nicht gehemmt ist, nur dann möglich sei, wenn gleichzeitig viele kleine Arterien aus der art. carotis entspringen würden, so dass auf dem Ursprungsquerschnitt eines jeden von ihnen der volle Blutdruck des Hauptstammes wirksam wäre. Die thatsächlichen Verhältnisse entsprechen jedoch keineswegs dieser Forderung. Allerdings gehen häufig mehrere selbstständige Zweige aus der art. carotis interna zu dem Promontorium über, aber immer läuft mindestens einer derselben über das Promontorium bis zum runden Fenster. Ausserdem sah ich auch wiederholt ein einziges stärkeres Stämmchen in die Trommelhöhle treten und sich erst dort verzweigen. Will man also nicht annehmen, dass das Blut, welches in den stärkern Stämmchen anlangte, immer auf dem kürzesten Wege in die Vene übergehe, so dass die entferntern Bahnen nur bei venösen Stauungen angefüllt werden, so bleibt nichts anderes übrig, als an einen eigenthümlichen Wechsel in dem Contractionsgrad der einzelnen Arterienzweige zu denken.

Wie dem aber auch sein mag, jedenfalls lernen wir hiermit ein Gefässsystem kennen, in welchem ein Strom mit geringem Druck und grosser Geschwindigkeit geschehen muss; der also in keinem Fall den Eintritt von Exsudationen unterstützen kann.

Bis dahin bin ich noch nicht im Stande, eine ähnliche Zergliederung für den Gefässverlauf in der Abtheilung der Pauke zu geben, welche von der art. maxillaris interna versorgt wird. Es lässt sich voraussehen, dass dieses mit Muskeln versehene Stück einen durchaus andern Gefässbau trägt, und es dürfte nicht bedeutungslos sein, dass die Muskeln, welche in der Paukenhöhle vorkommen, in Knochenkapseln eingeschlossen sind.

Der Verlauf der Gefässe auf dem Trommelfell ist in Fig. IV und V dargestellt. Zum Verständniss der wichtigen Figur IV ist zu bemerken, dass sie einen Ausschnitt des Trommelfells

vom Hammergriff *hh* an und zwar einschliesslich desselben bis zu einem gegenüberliegenden Trommelfellrand *rr* giebt. Da dieser Ausschnitt wegen der hohen Vergrösserung, bei welcher er gezeichnet ist, einen zu grossen Raum einnehmen würde, so ist zwischen *h* und *r* bei *mm* ein breiter Streifen des Trommelfells in der Zeichnung ausgelassen. Die Ansicht giebt das Trommelfell von der dem Gehörgang zugewendeten Fläche.

Figur V stellt das Trommelfell von der innern oder Paukenfläche gesehen dar. Die blaugefärbten Gefässe geben nach einer Lupenvergrösserung die allgemeine Anordnung der Gefässverzweigung wieder, die sich vom Umfang des Handgriffs gegen den äussern Rand des Trommelfells hin erstreckt. — Die rothgefärbten Partien stellen nach einer höhern Vergrösserung das Verhalten der Gefässe dar, welche mit der Schleimhaut der Trommelhöhle über den äussern Rand des Trommelfells hinübergreifen.

Zum Trommelfell des Hundes verlaufen die arteriellen Aeste in ähnlicher Weise, wie es nach *Gerlach* am Trommelfell des Menschen geschieht: sie dringen nämlich von der obern und hintern Wand des Gehörgangs auf den Hammergriff. Hier angelangt, Fig. IV *aa*, schicken sie in der Richtung der radiären Faserung des Trommelfells Aestchen ab, Fig. IV *b*. Diese Aestchen entlassen verschiedene Zweige, die kürzesten derselben bilden Anastomosen mit den benachbarten Arterienästen; die zweite Gattung geht durch kurze netzförmig angeordnete Schlingen *dd* in einen Venenplexus *vv* über, welcher den Umfang des Handgriffs umkränzt: die dritte Gattung endlich läuft geradlinig über das ganze Trommelfell hinweg bis zum äussern Rande desselben. Diese letztern Aestchen schicken theils Zweige in die beiden Venen, welche je ein arterielles Aestchen auf ihrem Verlauf über das Trommelfell begleiten, theils aber münden sie in den Venenkranz *kk* aus, welcher am äussern Umfang des Trommelfells und zwar auf der Cutisfläche desselben gelegen ist. Die Darstellung, welche in Figur IV von dem Verlauf der (rothgefärbten) Arterien gegeben wurde, ist durchweg Portrait, also keineswegs, wie man auf den ersten Blick glauben könnte, schematisch. Der Structur ihrer Wand nach verdienen die rothgefärbten oder, wie ich sie bisher nannte, die arteriellen Gefässe allerdings nicht überall diesen Namen; denn in ihrer Wand verlaufen in der That nur so lange Muskelfasern, als sie sich auf

dem Hammergriff hin erstrecken. Sowie sie auf das Trommelfell dringen, zeigen sie den Bau von Capillaren, so dass sie nur ihrem Zusammenhang nach als Fortsetzung der Arterie anzusprechen sind.

Die Venen des Trommelfells (die blauen Gefässe in Fig. IV) zeigen eine starke Entwickelung. Die grössern Stämmchen derselben entleeren sich nach zwei Richtungen. Die auf dem Hammergriff neben der Arterie *aa* gelegenen und diejenigen. welche den Plexus rings um den Hammergriff bilden, gehen schliesslich in ein Venennetz über, das die Wand des äussern Gehörgangs auskleidet. — Nach derselben Seite hin entleeren sich auch zum grössten Theil die Venenstämmchen, welche auf der dem äussern Gehörgang zugewendeten Fläche des Trommelfells den Plexus am äussern Rande des letztern bilden. Dieser Plexus steht jedoch auch noch in Verbindung mit den Venennetzen, die in die Schleimhaut der Pauke eingebettet sind, so dass das peripherische Geflecht nach zwei Seiten hin Abflüsse besitzt.

Der gegebenen Beschreibung gemäss kann das durch die Trommelfellarterien herandringende Blut auf mehrfachen Wegen in die Venen übergehen. Auf einem kürzern unmittelbar am Rand des Hammergriffs; auf einem längern über das Trommelfell hinaus, und hier zwar so, dass es entweder durch die gestreckten Capillaren zum Venenplexus am Handgriff des Hammers zurückkehrt, oder dass es in den Venenplexus am äussern Rand des Trommelfells einmündet. Welchen der Wege das Blut während des Lebens einschlägt, wird offenbar von der Beschaffenheit der Widerstände abhängen, welche sich in den verschiedenen Bahnstrecken, beziehungsweise in den Venen einfinden. Mit Bestimmtheit wird man jedoch sagen können, dass das arterielle Blut jedesmal dann auf dem kürzesten Wege durch die Plexus um den Hammergriff zurückkehrt, wenn keine besondern Widerstände in den Venen bestehen, in welche sich die Gefässe jener Plexus entleeren. Bedürfte es hierfür noch eines besondern Beweises, so würde derselbe durch die Ergebnisse der Injection erbracht sein. Sehr selten gelingt es, das Trommelfell vollständig auszuspritzen; nur wenn der Abfluss aus dem Kopfe im bedeutenden Grade gehemmt wurde, konnte ich das Trommelfell, wenn auch nicht ganz, so doch wenigstens seinem grössten Theile nach injiciren. Es wird

eine in der Zukunft zu lösende Frage sein, ob die Füllung der Blutgefässe des Trommelfells einen Einfluss auf die schallleitenden Eigenschaften desselben ausübt; sollte dieses der Fall sein, so würde es sich der Mühe lohnen, den Bedingungen weiter nachzuspüren, unter welchen sich die gestreckten Maschen des Trommelfells mit Blut füllen.

Eine besondere Erwähnung verdienen endlich noch die Gefässe, welche in dem Streifen der Schleimhaut verlaufen, der sich von der Pauke aus auf die innere Fläche des Trommelfells hinüberzieht. In dieses Stück setzen sich die Capillaren aus den benachbarten Schleimhautpartien fort, so dass dem peripheren (cuticularen) Venenplexus der äussern Trommelfellfläche gegenüber ein kleinerer capillarer auf der Paukenfläche des Trommelfells gelegener gegenübersteht. Die rothe Abtheilung auf Fig. V stellt einen kleinen vergrössert gezeichneten Abschnitt dieses Gefässwerkes dar.

Da, wie früher erwähnt, die Venen des äusseren peripheren Plexus durch einzelne Aeste in Verbindung stehen mit den Venen der Pauke, so wird allerdings auch eine Verbindung der cuticularen Trommelfellgefässe mit denen des Schleimhautringes bestehen. Beträchtlich kann jedoch diese Verbindung nicht sein, da es nur von der Pauke, niemals aber vom Trommelfell aus gelingt, die Gefässe in dem Schleimhautring des Trommelfells zu injiciren.

Während des Verlaufs meiner anatomischen Untersuchungen machte mich Herr Professor *Ludwig* darauf aufmerksam, dass es vermöge des eigenthümlichen Baues der pars mastoidea beim Hunde gelingen müsse, einen Einblick in die Pauke des lebenden Hundes zu gewinnen. Diesen Vorschlag habe ich ausgeführt und es ist mir gelungen, die Trommelhöhle durch Wegnahme der bulla ossea, was ohne merkliche und jedenfalls ohne störende Blutung geschehen kann, so weit frei zu legen, dass man unmittelbar das ganze Promontorium und den grössten Theil der obern vordern Paukenwand mit einer starken Lupenvergrösserung betrachten konnte.

Die Hunde, welche ich zum Versuch benutzte, wurden mit Curare vergiftet, auf dem Operationstische waren sie in der Rückenlage mit ausgestrecktem Kopfe befestigt. Um zur bulla

ossea zu gelangen, durchschnitt ich mitten zwischen dem Kehlkopf und dem Winkel des Unterkiefers die Haut und suchte in der Wunde den hintern Ansatzpunkt des musc. digastricus auf. Nach unten und innen von diesem liegen die grossen Venen- und Arterienäste, welche man mit einem Haken nach innen ziehen muss. Unterhalb dieser Gefässe findet sich noch eine beträchtliche Schicht lockern Bindegewebes, welche das Periost der bulla ossea bedeckt. Ist auch diese entfernt und darauf die Blutung vollkommen gestillt worden, so schabt man das Periost von der äussern Knochenfläche ab, mit möglichster Schonung des kleinen hier gelegenen und oben erwähnten Arterienzweiges. Ist dieses geschehen, so wird mittelst eines sehr kleinen Trepans, der in der Mitte der Bulla aufgesetzt ist, ein rundes Knochenstück herausgeschnitten, das sich ohne Verletzung der locker anhaftenden Schleimhaut entfernen lässt. Mit Hilfe einer kleinen Zange kann dann der Knochen noch so weit entfernt werden, dass bei einem grössern Hund eine Oeffnung von der Grösse eines Silbergroschens entsteht. Darauf schneidet man auch die Schleimhaut ein und klappt ihre Lappen über den Knochenrand. Die Oeffnung in der Trommelhöhle bedeckt man nun mit einem reinen weichen Schwämmchen und stellt sich den Beleuchtungsapparat zurecht.

Ich bediente mich hiezu einer Gaslampe mit Argandbrenner, hinter der ein grosser Reflector aufgestellt war; dieser letztere warf das Licht auf einen kleinen mit centraler Oeffnung versehenen Reflector, welcher unmittelbar über der Wunde stand, und zwar so, dass man, ohne dem Lichteintritt in die Trommelhöhle zu schaden, eine Lupe von *Brücke* oder die grosse Beleuchtungslinie des *Hartnack*'schen Mikroskopes auf die Schleimhaut der Trommelhöhle einstellen konnte. Setzt man in die Trommelhöhle ein erwärmtes Metallspiegelchen, so gelingt es auch, die innere Fläche des Trommelfells zur Anschauung zu bringen.

Da man an der geöffneten und gutbeleuchteten Trommelhöhle die Gefässe deutlich sehen kann, welche aus der carotis interna auf das Promontorium treten, und ebenso diejenigen, welche zum Bezirk des Paukenastes der maxillaris interna gehören, so versuchte ich zunächst die Abhängigkeit dieser Gefässe vom Grenzstrang des n. sympathicus nachzuweisen.

Der Versuch, durch den dieses geschieht, ist ein sehr deli-

cater. Die Arterien, welche hier verlaufen, sind zu klein, um trotz der Lupenvergrösserung mit Sicherheit erkennbar zu sein, man bleibt deshalb vorzugsweise auf die Betrachtung der Venen angewiesen.

Die Venen sind nun aber am lebenden mit Curare vergifteten Thiere keineswegs so strotzend gefüllt, wie sie in Figur II nach einem Injectionspräparat abgebildet sind. Statt der vielen, die dort zu sehen, gewahrt man in der Regel nur einige wenige Stämmchen. Dieses deutet darauf hin, dass der Blutstrom durch die Arterien unter den genannten Umständen schon an und für sich ein mässiger ist. Wenn also auch noch durch Reizung des n. sympathicus eine stärkere Verengerung der Arterie eintritt, so kann diese von keinem grossen Effect auf den Venendurchmesser sein. Will man da zu einer sichern Beobachtung gelangen, so muss man mit aller Ruhe längere Zeit eine ganz beschränkte Stelle unter der Lupe halten und ihre Veränderungen beobachten, welche vor, während und nach der Reizung eintreten. Mit diesen Vorsichtsmassregeln sind die nachstehenden Beobachtungen ausgeführt, aus denen, wie ich glaube, zu schliessen ist, dass der n. sympathicus beziehungsweise der am Hals verlaufende Grenzstrang die Verenger der Arterien auf dem Promontorium beherrscht.

1. Versuch. Mittelgrosser Hund. Nach Eröffnung der Trommelhöhle und darauf folgender Durchschneidung des gleichseitigen Nervenstamms, in welchem Vagus und Sympathicus verlaufen, sind die Gefässe deutlich zu sehen, welche aus art. carotis interna und art. maxillaris interna hervorgehen. Die Beobachtung derselben geschah theils ohne und theils mit Lupe. Die Reizung des mit dem Kopf zusammenhängenden Nervenstumpfs wurde mit dazwischen gesetzten Pausen viermal unternommen; die Dauer je einer Reizung betrug von einer bis zu drei Minuten. Einige Zeit nach dem Beginn der Reizung wurden die Gefässe merklich schmäler und bei der zweiten Reizung waren sie nahezu verschwunden. Einige Zeit nach beendeter Reizung erschienen die Gefässe jedesmal stärker gefüllt, so dass der Unterschied der Gefässfüllung während und nach der Reizung deutlicher war, als vor und während der Reizung.

2. Versuch. Mittelgrosser Hund. Der n. sympathicus wird aus der Scheide des Vagusstammes herauspräparirt und

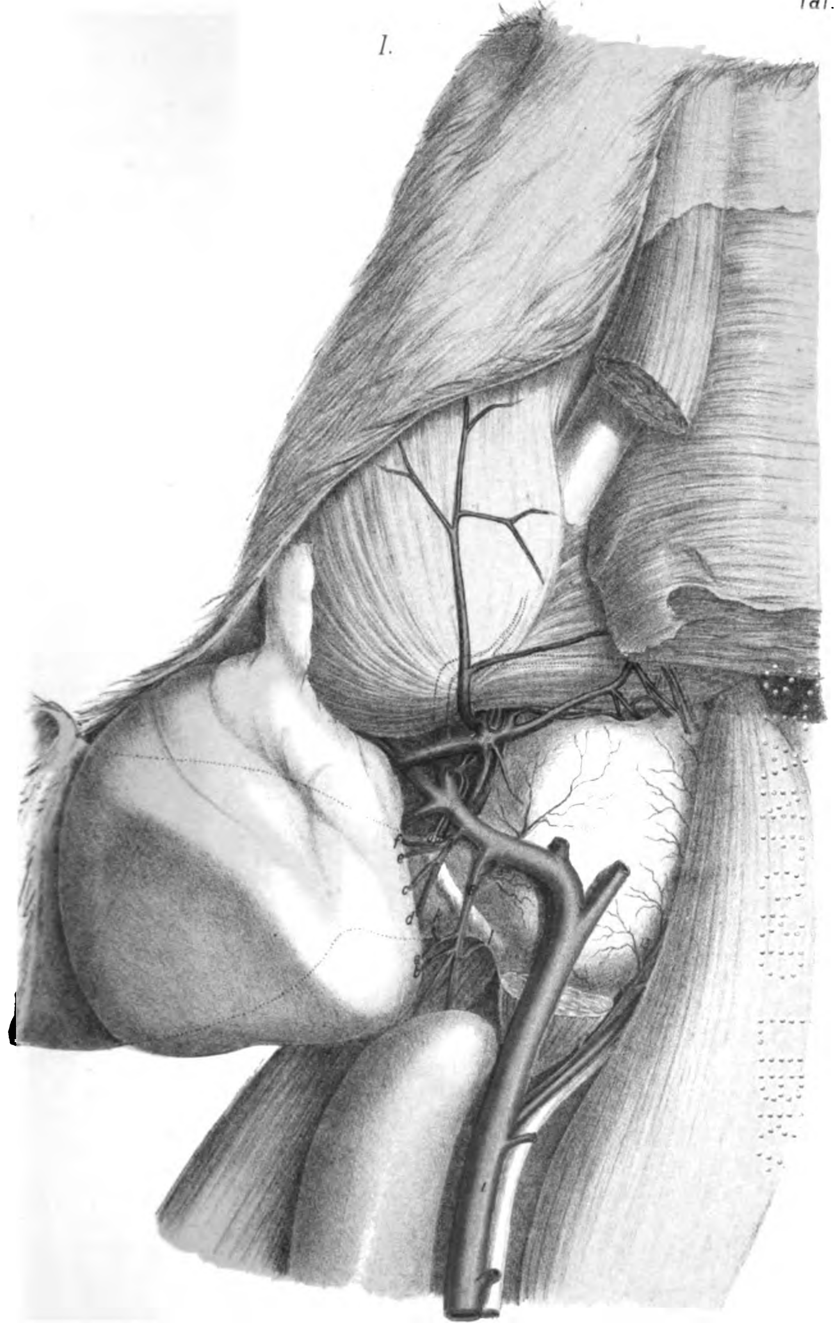
isolirt durchschnitten. Zum Beweis, dass das durchschnittene Nervenbündel der Grenzstrang des Sympathicus ist, dient die starke Verengung der Pupille, welche nach der Durchschneidung eintritt. Die Gefässe der Trommelhöhle sind sehr deutlich mit und ohne Lupe zu sehen. Die Reizung wurde unter ähnlichen Bedingungen wie im ersten Versuch viermal wiederholt. Mit dem Beginn der Reizung erweitern sich die Gefässe vorübergehend, dann werden sie blässer und verharren in diesem Zustand, solange die Reizung andauert. Nach Beendigung des Reizes werden die Gefässe vorzugsweise deutlich. Die Erweiterung, welche im Beginn der Reizung bemerkbar wurde, lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass die plötzlich contrahirten Arterien ihr Blut in die Venen entleerten, so dass diese durch den plötzlichen Zuwachs an Blut ausgedehnt wurden. Ist diese Annahme haltbar, so ist es auch erklärlich, dass die von uns beobachteten Gefässe im Beginn der Reizung weiter wurden, da, wie schon früher bemerkt, bei schwachen Lupenvergrösserungen, wie wir sie anwendeten, nur die Venen der Trommelhöhle deutlich unterscheidbar sind.

3., 4. und 5. Versuch. Alle Vorbereitungen waren wie beim zweiten Versuch getroffen. Die Reizung geschah ebenfalls in der früher angegebenen Weise. Die Erscheinungen während des 5ten Versuches verhielten sich genau so, wie im zweiten. Im 3. und 4. Versuch trat abweichend von den frühern Beobachtungen nach beendeter Reizung nicht alsbald die Gefässerweiterung ein, sondern sie wurden zunächst noch enger und dann erst einige Zeit nach dem Aufheben der Reizung wieder voll und roth.

Die Erscheinungen, welche während der Reizung eintreten, sprechen dafür, dass die Muskelringe der Paukenarterien von dem n. sympathicus beherrscht werden. Je mehr ich mich durch eine sorgfältige Beobachtung von der Richtigkeit dieser Annahme überzeugt hielt, um so auffallender war es mir, dass die freigelegten Gefässorte nach der Durchschneidung des n. sympathicus keine so auffallende Röthung darboten, wie man sie anderweit nach der Durchschneidung dieses Nerven zu sehen pflegt. Um über die Ursache dieser Erscheinung weiter Aufklärung zu erhalten, unternahm ich noch den folgenden

6. Versuch. An einem grossen Hund war der n. sympathicus am Halse durchschnitten. Am dritten Tag nach dieser

Operation ward erst die Bloslegung der Trommelhöhle vorgenommen; den grössern Zeitraum zwischen den beiden genannten Eingriffen hatte ich in der Hoffnung verstreichen lassen, dass sich während dess eine grössere Erweiterung der Gefässe in der Trommelhöhle ausbilden sollte. Nach der Bloslegung der letztern fand ich mich jedoch in meinen Erwartungen getäuscht: die Gefässflächen erschienen nicht merklich röther als sie es auch in den frühern Beobachtungen gewesen waren. Aus dieser Erfahrung, wie aus dem Vorhergehenden, dürfte also zu schliessen sein, dass die Durchschneidung des Sympathicus für die Arterie der Trommelhöhle nicht in ähnlicher Weise folgenreich ist, wie sie es für diejenigen der übrigen Kopfpartien zu sein pflegt. Unter der Voraussetzung, dass die Durchschneidung des n. sympathicus eine Lähmung in den uns beschäftigenden Arterien herbeiführt, war zu erwarten, dass eine sehr auffällige Röthung des Promontoriums eintreten müsse, wenn der arterielle Blutdruck beträchtlich erhöht würde. Zur Bestätigung dieser Folgerung benutzte ich noch den Hund, der zu dem vorliegenden Versuche gedient hatte. Der n. splanchnicus einer Seite ward aufgesucht und gereizt, während ich die Gefässe der Trommelhöhle beobachtete. In der That stellte sich während der Reizung des genannten Unterleibsnerven mehrmals eine auffallende Röthung des Promontoriums ein, doch blieb sie auch einige Mal aus. Dieser Versuch kann demnach nicht als ein abschliessender angesehen werden. Eine solche Bedeutung darf ihm um so weniger zugeschrieben werden, als die Reizung des n. splanchnicus nicht jedesmal in gewünschter Vollkommenheit gelang. Ueber diesen Umstand hat man sich bei der tiefen Lage dieses Nerven an einem so grossen Hunde nicht zu verwundern, da die Isolation des Nerven unter den genannten Umständen nur schwierig zu bewerkstelligen ist.

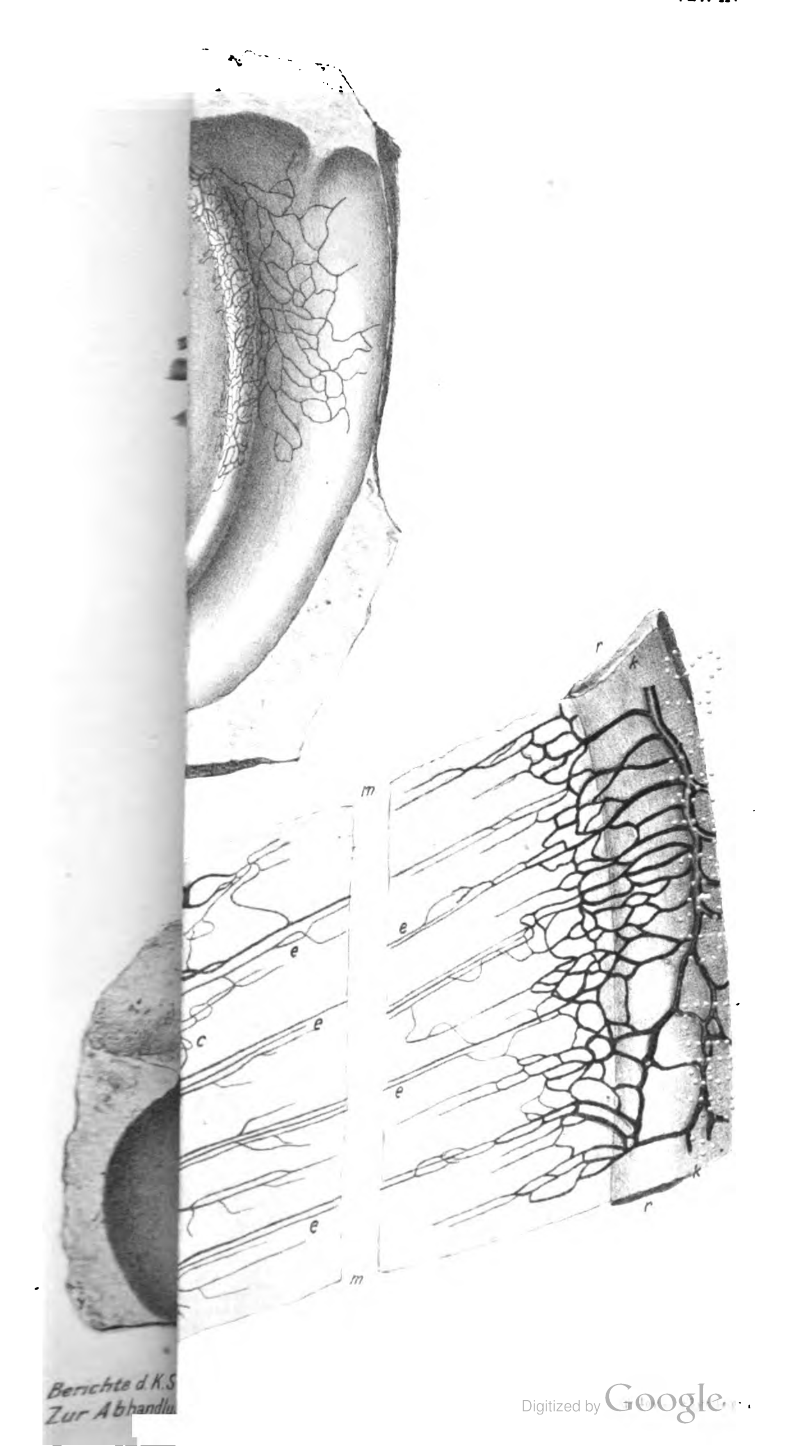


Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1868.
Zur Abhandlung v. Prussak.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig



Taf. II.



Berichte d. K. S
Zur Abhandlu

SITZUNG AM 1. JULI 1868.

E. Cyon, *Ueber die Nerven des Peritoneum.* Vorgelegt von dem wirkl. Mitglied *C. Ludwig.* Mit einer Tafel.

Bei meinen histologischen Studien im Gebiete des Nervensystems wurde ich von Herrn Prof. *Schweigger-Seidel* auf das Peritoneum verwiesen, da sich möglicherweise manche Frage über die Endigungsweise der Nerven hier besser zur Entscheidung bringen liess als an andern Orten. Als zur Untersuchung besonders geeignet empfahl sich derjenige Theil des Froschperitoneum, welcher die Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna lymphatica bildet*), weil derselbe bei grosser Zartheit verhältnissmässig reich an Nervenfasern ist und keine Blutgefässe einschliesst, — Alles Umstände, welche die Gewinnung klarer Bilder versprachen. Da ferner in dieses Häutchen sternförmige Pigmentzellen verstreut eingelagert sind, und da in gewissen Fällen Flimmerzellen auf ihm vorkommen, so liess sich die Untersuchung gleichzeitig auf die etwaige Beziehung dieser Gebilde auf die Nervenenden ausdehnen. Ich habe daher hauptsächlich diesem Theile des Froschperitoneum meine Aufmerksamkeit zugewendet, habe aber selbstverständlich auch andere Stellen und andere Thiere (Kaninchen und Meerschweinchen) berücksichtigt.

Mit der Untersuchung der frischen Gewebe ist nicht viel zu gewinnen, da die besonders an ausgeschnittenen Häutchen scharf conturirten, geschlängelt verlaufenden Bindegewebsbündel das Verfolgen der feinen Nervenfasern unmöglich machen.

---

*) Vgl. über diese Scheidewand: *Schweigger-Seidel* u. *Dogiel*, Sitzungsb. d. math. phys. Cl. d. K. S. Ges. d. Wissensch. XVIII, 248; auch Arbeiten d. physiol. Instit. zu Leipzig für 1866 S. 68.

Es ist desshalb nothwendig, die faserige Grundsubstanz zum Quellen zu bringen, und würde in der That ein vierundzwanzigstündiges Einlegen in dünne Essigsäure (1 : 400) zur Gewinnung vollkommen brauchbarer Präparate genügen, wenn nicht die mehr oder weniger reichlich entwickelten elastischen Fasern störend wirkten. Allerdings kann man im einzelnen Falle fast immer eine feinste Nervenfaser schon durch ihr optisches Verhalten als solche erkennen, aber die zarten Gebilde werden doch zu leicht verdeckt, und es verdienen desshalb immer solche Präparate den Vorzug, in denen eine Färbung der nervösen Elemente erzielt worden ist.

Ueberosmiumsäure erwies sich ebenso wie das Chlorpalladium hier, wo wir uns im Gebiete der marklosen Nervenfasern befinden, von keinem besonderen Nutzen, während das Chlorgold seine guten Dienste nicht versagte. Allerdings erhielt ich mit den von *Cohnheim* angegebenen Mischungsverhältnissen, welche bei der Cornea so sicher zum Ziele führen, keine günstigen Resultate, weil sich das Bindegewebe meist eben so stark färbte wie die Nerven, wenigstens wie die marklosen feinen. Will man die Goldfärbung für letztere nutzbar machen, so ist es rathsam, etwa nach folgender Vorschrift zu verfahren. Essigsäure in der Verdünnung 1 (wasserfr. S.) : 200 wird mit Chlorgold versetzt, so dass dieses im Verhältniss von 1 : 1000 vorhanden ist. In diese Mischung werden die ausgeschnittenen Häutchen 15—20 Minuten eingelegt, nach dem Abspühlen 24 Stunden in der einfachen dünnen Essigsäure aufbewahrt und alsdann in Glycerin oder Farrant'sche Flüssigkeit eingebettet. Wie anderwärts so auch hier nicht immer constante Resultate.

Auch der Höllenstein kann bekanntlich zur Darstellung der feinen Nervenfasern verwendet werden. In gelungenen Präparaten ist die Bindegewebsgrundsubstanz farblos, dagegen sind die Nervenfasern bis in ihre feinsten Verzweigungen schwarz gefärbt; sie geben sehr scharfe Bilder. Zweckmässig ist es, beim Peritoneum das Epithel zu entfernen oder wenigstens dafür Sorge zu tragen, dass keine diffuse Trübung der Oberfläche entsteht.

Um alsdann über einzelne besondere Verhältnisse mehr ins Klare zu kommen, als dies an den Gold- und Silberpräparaten möglich, benutzte ich schliesslich noch eine Art der Carminfärbung, welche vom Prof. *Schweigger-Seidel* vielfach erprobt

ist und gleichfalls sehr brauchbare Resultate gewährt, wenngleich ausser den Nervenfasern und ihren Kernen auch noch die anderen Kerne des Epithels und des Bindegewebes gefärbt werden. Näheres über die Methode wird in einem Anhange zu dieser Arbeit mitgetheilt werden.

Wenn jetzt das Verhalten der Nerven in der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna lymph. des Frosches besprochen werden soll, so muss zunächst hervorgehoben werden, dass dies Verhalten nicht auf andere Oertlichkeiten, nicht auf das ganze Peritoneum weder beim Frosche noch beim Kaninchen übertragen werden darf, dass vielmehr die Frage offen zu lassen ist, ob die Besonderheiten nicht in bestimmter Beziehung zur Bedeutung dieses Abschnittes des Peritoneum steht. Am ähnlichsten sind die Verhältnisse denjenigen, welche die Nerven in der Substanz der Hornhaut darbieten, und da diese neuerdings mehrfache Bearbeitungen erfahren haben, so kann die Beschreibung hier in einzelnen Punkten kürzer gehalten werden.

Auf die Scheidewand treten Nerven über sowohl von der seitlichen Bauchwand als von der Niere her, letztere in Begleitung der Gefässe, welche sich in einer schmalen Zone ausbreiten. Gerade hier findet sich eine beträchtliche Entwicklung der gleich näher zu berücksichtigenden Nervennetze, welche auch noch desshalb zur Untersuchung besonders geeignet sind, weil die elastischen Fasern weniger reichlich vorhanden als in dem freien Theile der Membran, welcher die für sie charakteristischen Löcher besitzt.

Die eintretenden Nervenfasern sind doppelt conturirt, einzeln oder zu zwei bis drei vereinigt in eine besondere Scheide eingebettet. Die Nerven theilen sich mehrfach und gehen schliesslich in feine marklose Fasern über, bekannt als solche, die in ihrem scheinbar einfachen Verlaufe durch eingestreute, bauchig hervorragende Kerne unterbrochen werden. Aber auch breite kernhaltige Fasern finden sich, die eine fibrilläre Structur zeigen und sich als Bündel feiner Fasern zu erkennen geben. Es tritt dies besonders an Stellen hervor, wo das ganze Bündel wie auseinander gezogen erscheint; die einzelnen Fasern laufen nicht parallel neben einander, sondern kreuzen sich und winden sich umeinander herum; es verlässt auch wohl eine Faser das Bündel, um sich nach Bildung eines kurzen Bogens wieder mit

dem Stämmchen zu vereinigen, also ganz wie in der Cornea, nur dass die ganze Entwicklung der Nervenausbreitung hier keine so beträchtliche.

In Fig. II z. B. zerfällt der bei *a* anscheinend einfache Nerv in mehrere Fasern, welche zum Theil dadurch ausgezeichnet sind, dass sie auf Strecken spindelförmig anschwellen. Nach dem Verhalten gegen Chlorgold muss man eine locale Entwicklung von Nervenmark annehmen, und da diese Fasern auch Kerne besitzen, so kann gesagt werden, dass solche Fasern wie II *a*, welche den *Remark*'schen gleichen, als Bündel mehrerer selbständiger Fasern anzusehen sind.

Während die feineren Nervenstämmchen bekanntlich eine secundäre abstehende Scheide mit Kernen besitzen, ist dieselbe an den einzelnen Fasern nicht mehr zu erkennen. Dieselben liegen einfach im Bindegewebe, mitunter sehr deutlich in mehr abgegrenzten Bindegewebsbündeln (Fig. V), und wenn diese alsdann mit Essigsäure behandelt werden, so gewinnt es den Anschein, als ob sich von der einfachen Faser doch eine Scheide abgehoben habe (Fig. VI); jedoch zeigen die vorhandenen sogenannten umspinnenden Fasern deutlich, dass das Bild der Fig. VI auf das der Fig. V zurückzuführen ist.

Die einzelnen Fasern sind kernhaltig, und ihre Kerne müssen, da die Fasern selbst eine unmittelbare Fortsetzung der kernführenden markhaltigen, als Analoga der Kerne der *Schwann*'schen Scheide aufgefasst werden, obgleich es mir nicht gelungen ist, in den feinsten Kernfasern eine besondere Zusammensetzung, einen Unterschied zwischen peripherischer und centraler Schicht wahrzunehmen. Es lässt sich desshalb nicht sagen, ob der Kern in irgend einer Beziehung zur eigentlich nervösen Faser steht oder nicht. Zu beachten ist, dass anscheinend ganz einfache Fasern nicht immer einfach sind, sondern durch innige Aneinanderlagerung mehrerer gebildet werden; es zeigt sich wenigstens häufig, dass die spindelförmigen Anschwellungen zwei Kerne enthalten, und dass auch andere Spuren der Trennung vorhanden sind. Eine besondere Umhüllung lässt sich nicht wahrnehmen, die Fasern liegen aneinander geheftet in einer Gewebsspalte und können sich ungehindert wieder voneinander trennen, ebenso wie es im Vorhergehenden bereits von den stärkeren Bündeln angegeben wurde.

Die verschiedenen Fasern nun, welche aus der Theilung

der eintretenden Nerven hervorgegangen, hängen vielfach miteinander zusammen und bilden ein Geflecht von meist rhombischen weiteren und engeren Maschen. Hauptsächlich um eine Vorstellung von der Reichhaltigkeit der Nerven in dem besonderen Abschnitte des Froschperitoneum zu gewinnen, betrachte man Fig. I, welche nach einem Goldpräparate bei 200facher Vergrösserung genau gezeichnet ist. Nur bei *z* liegt eine Faserkreuzung vor, sonst gehen Fasern und Bündel überall unmittelbar in einander über, so jedoch, dass kein wirkliches Anastomosiren der feinsten Fasern, also keine eigentliche Netzbildung zu Stande kommt. Auch die besondere Form der Schlingenbildung, wie sie in Fig. IV *A* und *B* abgebildet worden, die in das Gebiet der feinsten Fasern gehören, dürften sich dadurch erklären lassen, dass eben die einzelnen Fasern sich wechselsweise an einander lagern und sich wieder trennen. Eine andere Form der Schlingenbildung zeigt sich Fig. I bei x. Denken wir uns hier die Aus- und Eintrittsstelle der Faser nahe an einander gerückt, den auf- und absteigenden Schenkel der gebogenen Schlinge eine Strecke weit mit einander vereinigt, so erhalten wir die Formen in Fig. IV. Dieselben sind übrigens selten.

Wo aber verbleiben schliesslich die einzelnen Fasern? Ich war anfänglich geneigt, die vorliegenden Nervengeflechte für terminal zu halten, da ich weder eine Verknüpfung der Nervenfasern mit zelligen Elementen, noch besondere Endorgane aufzufinden im Stande war. Indessen gewann ich nach Vervollkommnung meiner Präparate doch die Ueberzeugung, dass ein freies Auslaufen der Fasern im Gewebe anzunehmen ist, wenngleich es oft schwierig, vollkommene Sicherheit zu erlangen. Häufig genug scheint eine Faser plötzlich aufzuhören, aber fast eben so häufig sieht man sie bei einiger Aufmerksamkeit in gewisser Entfernung wieder auftauchen, sei es, dass eine plötzliche Biegung das weitere Verfolgen erschwert, sei es, dass sich die Faser momentan verbreitet, gleichsam aufbläht und dadurch an Schärfe der Contur verlierend zwischen den elastischen Fasern weniger leicht heraus zu finden ist, sei es, dass die Nervenfaser durch das angewendete Mittel stellenweise gar nicht oder nur sehr schwach gefärbt. Eine andere Möglichkeit ist schliesslich noch darin gegeben, dass eine so feine Faser bei der Präparation, bei der unvermeidlichen Dehnung des Häutchens auch einmal zerreissen kann.

Aber alle diese Bedenken und Möglichkeiten reichen nicht aus. Man sieht eben an gelungenen Präparaten mit besten Vergrösserungen, wie eine feinste Faser sich gewöhnlich bald nach einer Kernanschwellung theilt, man kann dieselben noch eine Strecke weit verfolgen, aber dann hört es auf. Mehr wahrzunehmen gestatteten mir meine Präparate nicht; die im Gewebe sonst noch sichtbaren Fasern und Fasernetze stehen zu den Nerven gewiss in keiner Beziehung; sie verhalten sich gegen Gold und andere Mittel indifferent und erweisen sich durch ihr ganzes Verhalten als elastischer Natur.

Die Anzahl solcher frei endenden Fasern ist nicht gross (in Fig. I mit y bezeichnet) und scheint in keinem Verhältniss zu der Zahl der einzelnen Fasern in den Plexus zu stehen. Indessen ist es doch überhaupt unmöglich, sich eine Vorstellung von der Anzahl der Fasern zu machen, da sicher in den verschiedensten Bündeln dieselbe Faser vorkommt und demnach gleichzeitig mehreremal gesehen wird. Es ist gerade charakteristisch für diese Art der Nervenausbreitung, dass eine einzelne Faser über eine sehr grosse Strecke verläuft und mit den verschiedensten Punkten des Gewebes in Berührung tritt, wesshalb ich auch glaube, dass die freie Endigung hier von geringerer physiologischer Bedeutung ist, und dass bezüglich der Function der Nerven die Plexusbildung eine wichtigere Rolle spielt. Ein analoges freies Endigen einzelner Nervenfasern in der Hornhautsubstanz nehmen *Kölliker* und *Engelmann* an.

Das, was bisher über die Endigung der Nerven an der bestimmten Stelle angegeben wurde, gilt auch für das Peritoneum im Allgemeinen, gilt auch im Besonderen für Kaninchen und Meerschweinchen. Nur die Vertheilung der Nervenfasern ist bei ihnen eine ganz andere. Von einem zusammengesetzteren Nervenstämmchen, welches in Begleitung der Gefässe verläuft, zweigt sich ein vielleicht nur aus zwei schmalen kernführenden Fasern bestehendes Bündel ab, um über oft grosse Strecken unverändert hinzuziehen. Dann tritt vielleicht eine Faser meist unter einem Winkel von 80—90° ab, lässt sich wieder, ohne Veränderungen zu zeigen, über mehrere Gesichtsfelder verfolgen und vereinigt sich dann wieder mit einer andern, oder sie theilt sich und verliert sich alsdann im Gewebe. Die Nervenausbreitung ist hier eine viel geringere, die Plexusbildung weitmaschiger, die ganze Vertheilung viel einfacher, so dass ein Vergleich

mit den früher geschilderten Verhältnissen kaum zulässig erscheinen möchte.

Es bleibt jetzt nur übrig, nochmals besonders hervorzuheben, dass irgend welche Beziehungen des Nerven zu den Pigmentzellen und den Flimmerzellen des Froschperitoneum nicht aufgefunden werden konnte. Bei der Reichhaltigkeit der Nervenfasern treffen dieselben häufig mit Pigmentzellen zusammen, ziehen aber an ihnen vorbei und verbinden sich, soweit es sich bei der Undurchsichtigkeit der Elemente überhaupt bestimmt angeben lässt, mit ihnen weder direct noch durch Zweige. Die unbeständigen Gruppen der Flimmerzellen veranlassen sicher keine Abweichung in der gewöhnlichen Vertheilung der Nerven, ihre An- oder Abwesenheit bedingt keine Verschiedenheit im Reichthum des Nervenplexus.

Die Art der Carminfärbung, deren im Vorhergehenden Erwähnung geschehen, ist dadurch ausgezeichnet, dass sich mit ihr verhältnissmässig schnell sehr vollkommene Kernimbibitionen erzielen lassen, und dass sie auch bei solchen Präparaten angewendet werden kann, die frisch oder nach vorhergegangener Erhärtung mit Säuren behandelt worden. Eine ammoniakalische Carminlösung ist bekanntlich für solche Fälle nicht sehr empfehlenswerth.

Löst man Carmin in ammoniakhaltigem Wasser, setzt dann Essigsäure hinzu, etwas mehr als zur Erzeugung eines Niederschlages erforderlich, und filtrirt, so läuft eine je nach der angewendeten Carminmenge verschieden roth gefärbte, klare Flüssigkeit ab, welche je nach Bedürfniss verdünnt zur Imbibition verwendet werden kann. Steht die Flüssigkeit länger und wird der Gehalt an Essigsäure schwächer, so beginnt das Carmin in äusserster Feinheit auszufallen.

Schon bei mässig starken Lösungen tritt die Färbung schnell und intensiv ein, ist jedoch diffus. Diesem Uebelstande kann man leicht abhelfen durch Einlegen der Präparate in Glycerin vermischt mit etwas Salzsäure. Nimmt man ein Mischungsverhältniss von etwa 1 Thl. Säure auf 200 Thle. Glycerin, so wird ziemlich bald das Carmin aus dem Bindegewebe, bei weiterer Wirkung auch aus dem Zellprotoplasma ausgezogen und bleibt nicht allein in den Kernen haften, sondern concentrirt sich sogar in

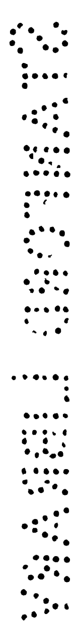
ihnen. Auf einer analogen Wirkung der concentrirten Essigsäure und der Oxalsäure beruhen bekanntlich die Methoden der Carminfärbung, welche von *Thiersch* angegeben wurden*).

Gefärbt wird bei diesem Verfahren alles, was eine grössere Dichtigkeit der Substanz besitzt und dabei quellungsfähig ist. Ist die Dichtigkeit geringer, wie bei manchen frischen Zellsubstanzen, oder wird sie wenigstens durch die Säure nicht vermehrt, wie es ja bei den Kernen durch Fällung der Inhaltsmassen der Fall ist, so kann das Carmin nicht haften, eben so wenig wie in der stark quellenden Bindegewebsgrundsubstanz. Dagegen färben sich wieder die Nervenfasern und die in der Säure etwas aufquellenden elastischen Fasern bei stärkerer Einwirkung sehr deutlich im Ganzen ihrer Substanz. Man wird sich leicht durch den Augenschein überzeugen, dass man auf die angegebene Weise höchst vollkommene Präparate erzielen kann. Netze kernreicher Capillaren, z. B. des Peritoneum, treten ohne Injection sehr schön hervor, und die arterielle Natur der Gefässe feinsten Calibers lässt sich an den Muskelkernen mit Sicherheit erkennen. Zu diesem Zwecke genügt es, Schnitte von mit rother Masse injicirten Präparaten einfach mit dem angesäuerten Glycerin zu behandeln, um das Carmin zu veranlassen, aus der Injectionsmasse in die Kerne der Gefässwand überzutreten.

Je nachdem man den Säurezusatz grösser oder geringer macht, kommt die beabsichtigte Wirkung früher oder später zu Stande; immer aber kann man das Präparat sofort nach dem Aufbringen des Glycerin mit dem Deckgläschen bedecken und dadurch einer durch die Säure hervorgerufenen Faltung vorbeugen. Für die Conservirung haben derartige Präparate den Nachtheil, dass die Farbe nicht beständig ist, sobald man nicht Sorge trägt, die Salzsäure wieder zu entfernen, weil sie bei längerer Einwirkung das Carmin zerstört. Auf der andern Seite darf man aber auch keine alkalische Zusatzflüssigkeit wählen, weil durch sie die hellrothe Farbe leicht in eine zu dunkel violette übergeführt wird. Will man conserviren, so wäscht man die Präparate nach erzielter Färbung in dünner Essigsäure ab und bringt sie dann in Glycerin oder Alkohol, Terpentinöl u. s. w.

---

*) *C. Thiersch:* Der Epithelialkrebs. Leipzig 1865.



Erklärung der Abbildungen.

I. Nerven der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna lymphatica. Goldpräparat. $^1/_{200}$.

II. Eine andere Stelle desselben Präparates. $^1/_{500}$.

III. Einzelne Nervenfaser ebendaher mit zwei Kernen in der spindelförmigen Anschwellung. Essigsäure. $^1/_{500}$.

IV. Schlingen feinster Nervenfaser von derselben Stelle. *A* Goldpräparat, *B* Carminpräparat. Räumlich verkürzt gezeichnet.

V. Feine kernführende Nervenfaser aus dem Netz des Kaninchens. Silberpräparat. $^1/_{500}$.

VI. Aus dem Mesenterium des Meerschweinchens. Essigsäure. $^1/_{500}$.

Dr. Schmulewitsch, *Neue Versuche über Gallenabsonderung.* Aus dem physiol. Institute. — Vorgelegt von dem wirkl. Mitgl. *C. Ludwig.*

1. Um zu prüfen, welchen Antheil an der Gallenbildung das Blut der Pfortader oder das der Leberarterie nimmt, kann man, statt wie bisher die ganze Leber, nur einzelne Lappen derselben dem Versuche unterwerfen. Diese Beschränkung beeinträchtigt die Sicherheit der Beobachtung nicht, weil beim Hund und Kaninchen die einzelnen Lappen bezüglich ihrer Gallengänge ganz getrennt sind und bezüglich ihrer Blutgefässe nur durch die vena hepatica zusammenhängen. Kleine Anastomosen, welche in den zuführenden Blutgefässen bestehen, kommen als Unterhaltungsmittel der Gallenabsonderung nicht in Betracht. Die Beobachtung der Gallenbildung an einem oder mehreren Lappen gewährt den Vortheil, dass man das Blut der Vene oder Arterie nach Belieben absperren kann, ohne das Leben des Thieres zu gefährden. Da zudem die Galle an curarisirten Thieren reichlich abgesondert wird, so gibt das vorliegende Verfahren alle Mittel in die Hand, um den Einfluss aller Stromvariationen auf die Gallenabsonderung zu prüfen. — Ueber eine grössere Zahl von angestellten Versuchen werde ich später berichten.

2. Leitet man durch die Leber eines soeben getödteten Kaninchens defibrinirtes Hundeblut, das mit einer einprocentigen Kochsalzlösung verdünnt ist, so kann man unter Anwendung gewisser Vorsichtsmassregeln die Gallenbildung unterhalten. Der Abfluss der Galle dauert, wenn auch schwächer als am lebenden Thiere, doch mit voller Deutlichkeit zwei und mehr Stunden nach dem Tode des Kaninchens fort, oder besser so lange, als der Strom des Blutes andauert.

Die Beobachtungen, die ich in dieser vorläufigen Mittheilung erwähne, unternahm ich auf Veranlassung von Hrn. Prof. *Ludwig.* Ich werde sie, wenn es mir die Verhältnisse gestatten, künftigen Winter fortsetzen.

ÖFFENTLICHE GESAMMTSITZUNG

AM 12. DECEMBER 1868

ZUR FEIER DES GEBURTSTAGES SEINER MAJESTÄT DES KÖNIGS.

P. A. Hansen, *Kurz gefasste, rationelle Ableitung des Ausgleichungsverfahrens eines Dreiecksnetzes, nach der Abhandlung: »Von der Methode der kleinsten Quadrate u. s. w.« mit Weglassung aller Nebenbetrachtungen.*

In der im vorigen Jahre in den Schriften dieser Gesellschaft erschienenen Abhandlung: »Von der Methode der kleinsten Quadrate im Allgemeinen, und in ihrer Anwendung auf die Geodäsie«, habe ich mich auf einen allgemeinen wissenschaftlichen Standpunkt gestellt, und bin von diesem in allen Ableitungen ausgegangen. Das Ausgleichungsverfahren eines Dreiecksnetzes hat sich hiebei als einen speciellen Fall einer weit allgemeineren Aufgabe herausgestellt, und ist als solcher aus der Auflösung der allgemeinen Aufgabe abgeleitet worden. Diese Darstellung umfasst im Allgemeinen alle möglichen Fälle, die bei der Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate vorkommen können, und kann auf jeden in der That eintretenden Fall ohne Schwierigkeit angewandt werden.

Die Anwendung der allgemeinen Aufgabe auf die Geodäsie ist in der gegenwärtigen Zeit eine Sache von besonderer Wichtigkeit geworden, da jetzt eben eine grosse Anzahl von geodätischen Messungen im Werke begriffen sind, die nebst den schon vorhandenen guten Arbeiten dieser Gattung zu einem grossen Ganzen, zur Europäischen Gradmessung, verschmolzen werden sollen. Im Hinblick darauf meine ich, dass es manchem Mitarbeiter an diesem Unternehmen nicht unerwünscht sein könnte, das Verfahren der Ausgleichung eines Dreiecksnetzes für sich, auf rationelle Weise entwickelt, und von allen Neben-

betrachtungen entkleidet, vor sich zu sehen, um dadurch zum leichteren Verständniss desselben zu gelangen, und die theils mangelhaften, theils unrichtigen Verfahrungsarten, die empfohlen worden sind, unberücksichtigt lassen zu können.

1.

Es soll hier angenommen werden, dass Richtungen beobachtet worden sind, da zufolge der angezogenen Abhandlung, der Fall in welchem Winkel beobachtet worden sind, auf jenen zurück geführt werden kann. Die wahrscheinlichsten Werthe der Richtungen seien x, x', x'', etc., während die Beobachtungen dafür l, $l_,$, $l_{,,}$, etc. l', $l_,'$, $l_{,,}'$, etc l'', $l_,''$, $l_{,,}''$, etc. gegeben haben, und diesen Bestimmungen an sich (den nackten Beobachtungen) die Gewichte p, $p_,$, $p_{,,}$, etc. p', $p_,'$, $p_,''$, etc. p'', $p_,''$, $p_{,,}''$, etc. zukommen. Die wahrscheinlichsten Verbesserungen der Anfangspunkte der verschiedenen, beobachteten Gyri, oder Gruppen von Gyris, sollen mit u, $u_,$, $u_{,,}$, etc. bezeichnet werden.

Diese sind dieselben Bezeichnungen, die in der angezogenen Abhandlung angewandt worden sind, und es sollen im Folgenden auch die Bezeichnungen demgemäss gewählt werden.

In der Voraussetzung nun, dass keine Beobachtungsfehler vorgekommen sind, erhalten wir durch die Beobachtungen des ersten Gyrus, oder der ersten Gruppe von Gyris, die Gleichungen

$$x + u = l\,,\quad x' + u = l'\,,\quad x'' + u = l''\,,\ \text{etc.}$$

und die folgenden Gyri, oder Gruppen von Gyris, geben ähnlicher Weise

$$x + u_, = l_,\,,\quad x' + u_, = l_,'\,,\quad x'' + u_, = l_,''\,,\ \text{etc.}$$

$$x + u_{,,} = l_{,,}\,,\quad x' + u_{,,} = l_{,,}'\,,\quad x'' + u_{,,} = l_{,,}''\,,\ \text{etc.}$$

$$\text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.}$$

Zu diesen Gleichungen ist erstens zu bemerken, dass die x nicht die vollständigen Werthe der Richtungen, und die l nicht die vollständigen Werthe der Beobachtungen zu bedeuten brauchen, sondern dass man von jedem l, welches einer und derselben Richtung angehört, einen beliebigen unveränderlichen, genäherten Werth dieser letzteren im Voraus abziehen darf. Es werden hierauf die x nicht die wahrscheinlichsten Werthe der Richtungen selbst, sondern die wahrscheinlichsten Verbesserungen der vorläufig angenommenen Werthe derselben sein.

Eine zweite Bemerkung besteht darin, dass man ausserdem von allen l, die zu einem und demselben Gyrus, oder einer und derselben Gruppe von Gyris, gehören, eine beliebige Grösse abziehen, oder eine solche zu denselben addiren darf.

Durch zweckmässige Benutzung dieser beiden Bemerkungen kann man in jedem Falle bewirken, dass in den obigen Gleichungen alle l kleine Grössen werden, deren Werthe eine kleine Anzahl von Secunden nicht übersteigen, und die Folge davon wird sein, dass auch alle x und u solche kleine Grössen sein werden.

2.

Die Bedingungsgleichungen, die das Dreiecksnetz darbietet, stelle ich in der folgenden Form auf,

$$\begin{array}{l} qx + q'x' + q''x'' + \ldots + f = 0 \\ rx + r'x' + r''x'' + \ldots + g = 0 \\ sx + s'x' + s''x'' + \ldots + h = 0 \\ \quad\text{etc.} \qquad\qquad\qquad \text{etc.} \end{array}$$

Die Winkelgleichungen des Dreiecksnetzes haben schon ursprünglich die vorstehende linearische Form, und die Seitengleichungen führt man durch Differentiationen dahin, wie in der angezogenen Abhandlung gezeigt worden ist.

3.

Die Gleichungen des vor. Art. müssen jedenfalls strenge erfüllt werden, da sie mathematische Relationen bilden, ohne deren Erfüllung kein in allen seinen Theilen zusammenhängendes Dreiecksnetz gedacht werden kann. Die Gleichungen des Art. 1 hingegen können wegen der stets vorhandenen Beobachtungsfehler nie vollständig erfüllt werden, und es muss daher der Satz der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf sie angewandt werden, demzufolge die Summe der mit ihren Gewichten multiplicirten Quadrate der übrig bleibenden Fehler zum Minimum gemacht werden muss, während die strenge Erfüllung der Gleichungen des Art. 2 zugleich bewirkt wird. Die Grundgleichung unserer Aufgabe wird daher nach bekannten Grundsätzen ie folgende:

d

$$
\begin{aligned}
\text{Min.} = & \, p(x+u-l)^2 + p'(x'+u-l')^2 + p''(x''+u-l'')^2 + \ldots \\
& + p_{,}(x+u_{,}-l_{,})^2 + p_{,}'(x'+u_{,}-l_{,}')^2 + p_{,}''(x''+u_{,}-l_{,}'')^2 + \ldots \\
& + p_{,,}(x+u_{,,}-l_{,,})^2 + p_{,,}'(x'+u_{,,}-l_{,,}')^2 + p_{,,}''(x''+u_{,,}-l_{,,}'')^2 + \ldots \\
& + \text{etc.} \\
& + 2(I)\ (qx + q'x' + q''x'' + \ldots + f) \\
& + 2(II)\ (rx + r'x' + r''x'' + \ldots + g) \\
& + 2(III)\ (sx + s'x' + s''x'' + \ldots + h) \\
& + \text{etc.}
\end{aligned}
$$

wo (I), (II), (III), etc. gewisse, weiter unten zu bestimmende Unbekannten sind*).

In dieser Gleichung darf man sich unter dem ersten Theile der Glieder nicht blos diejenigen denken, die eine einzige Station liefert, sondern muss darunter den Inbegriff aller ähnlichen Glieder verstehen, die die ganze Triangulation gegeben hat. Gleicher Weise müssen in dem zweiten Theile dieser Gleichung alle von einander unabhängige Bedingungsgleichungen des Dreiecksnetzes verstanden werden, welche zwischen den vorhandenen Beobachtungen statt finden.

4.

Differentiirt man nun die Gleichung des vor. Art. indem man alle x und u als veränderlich, und von einander unabhängig betrachtet, so bekommt man die folgenden Gleichungen,

$$
\begin{aligned}
px + p'x' + p''x'' + \ldots + Pu &= (lu) \\
p_{,}x + p_{,}'x' + p_{,}''x'' + \ldots + P_{,}u_{,} &= (lu_{,}) \\
p_{,,}x + p_{,,}'x' + p_{,,}''x'' + \ldots + P_{,,}u_{,,} &= (lu_{,,}) \\
\text{etc.} \qquad & \qquad \text{etc.}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
Qx + pu + p_{,}u_{,} + p_{,,}u_{,,} + \ldots &= (lx) - (I)q - (II)r - (III)s - \ldots \\
Q'x' + p'u + p_{,}'u_{,} + p_{,,}'u_{,,} + \ldots &= (lx') - (I)q' - (II)r' - (III)s' - \ldots \\
Q''x'' + p''u + p_{,}''u_{,} + p_{,,}''u_{,,} + \ldots &= (lx'') - (I)q'' - (II)r'' - (III)s'' - \ldots \\
\text{etc.} \qquad & \qquad \text{etc.}
\end{aligned}
$$

in welchen zur Abkürzung

*) Die hier mit (I), (II), (III), etc. bezeichneten Grössen sind mit denen identisch, die in der Abhandlung anfänglich mit $\alpha_{,}$, $\beta_{,}$, $\gamma_{,}$, etc., später aber eben so wie oben bezeichnet worden sind.

$$P = p + p' + p'' + \dots$$
$$P_{,} = p_{,} + p_{,}' + p_{,}'' + \dots$$
$$P_{,,} = p_{,,} + p_{,,}' + p_{,,}'' + \dots$$
etc.

$$Q = p + p_{,} + p_{,,} + \dots$$
$$Q' = p' + p_{,}' + p_{,,}' + \dots$$
$$Q'' = p'' + p_{,}'' + p_{,,}'' + \dots$$
etc.

$$(lu) = pl + p'l' + p''l'' + \dots$$
$$(lu_{,}) = p_{,}l_{,} + p_{,}'l_{,}' + p_{,}''l_{,}'' + \dots$$
$$(lu_{,,}) = p_{,,}l_{,,} + p_{,,}'l_{,,}' + p_{,,}''l_{,,}'' + \dots$$
etc.

$$(lx) = pl + p_{,}l_{,} + p_{,,}l_{,,} + \dots$$
$$(lx') = p'l' + p_{,}'l_{,}' + p_{,,}'l_{,,}' + \dots$$
$$(lx'') = p''l'' + p_{,}''l_{,}'' + p_{,,}''l_{,,}'' + \dots$$
etc.

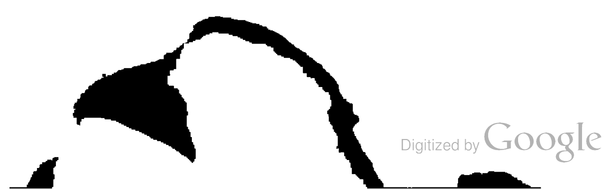
gesetzt worden sind. Die vorstehenden Gleichungen lösen in Verbindung mit den Bedingungsgleichungen des Art. 2 die Aufgabe. Die Anzahl der Gleichungen der ersten Gruppe ist der Anzahl der u gleich, die Anzahl der der zweiten Gruppe ist der Anzahl der x gleich, und die Anzahl der Bedingungsgleichungen des Art. 2 ist der Anzahl der (I), (II), (III), etc. gleich.

5.

Bevor ich weiter gehe, werde ich von der zweiten Bemerkung des Art. 4 eine Anwendung machen, wodurch die Auflösung der Aufgabe vereinfacht wird. Zufolge dieser Bemerkung dürfen wir statt der obigen Ausdrücke (lu), $(lu_{,})$, $(lu_{,,})$, etc. schreiben,

$$(lu) = p(l-m) + p'(l'-m) + p''(l''-m) + \dots$$
$$(lu_{,}) = p_{,}(l_{,}-m_{,}) + p_{,}'(l_{,}'-m_{,}) + p_{,}''(l_{,}''-m_{,}) + \dots$$
$$(lu_{,,}) = p_{,,}(l_{,,}-m_{,,}) + p_{,,}'(l_{,,}'-m_{,,}) + p_{,,}''(l_{,,}''-m_{,,}) + \dots$$
etc. etc.

wo m, $m_{,}$, $m_{,,}$, etc. durchaus willkührliche Zahlen sind. Bestimmt man aber diese so, dass



$$m = \frac{p}{P}l + \frac{p'}{P}l' + \frac{p''}{P}l'' + \ldots$$

$$m_{,} = \frac{p_{,}}{P_{,}}l_{,} + \frac{p_{,}'}{P_{,}}l_{,}' + \frac{p_{,}''}{P_{,}}l_{,}'' + \ldots$$

$$m_{,,} = \frac{p_{,,}}{P_{,,}}l_{,,} + \frac{p_{,,}'}{P_{,,}}l_{,,}' + \frac{p_{,,}''}{P_{,,}}l_{,,}'' + \ldots$$

etc.

werden, so ergeben sich die Gleichungen

$$(lu) = 0\,, \quad (lu_{,}) = 0\,, \quad (lu_{,,}) = 0\,, \text{ etc.}$$

wodurch die Formeln sich vereinfachen.

Wenn, wie wohl immer der Fall sein wird, die Gewichte aller Beobachtungen eines jeden Gyrus, oder einer jeden Gruppe von Gyris, einander haben gleich gesetzt werden können, dann wird jedes m gleich dem arithmetischen Mittel aus allen l des betreffenden Gyrus, oder der betreffenden Gruppe von Gyris, und ist also sehr leicht zu berechnen.

6.

Die erste Gruppe von Gleichungen des Art. 4 nimmt jetzt die folgende Form an,

$$px + p'x' + p''x'' + \ldots + Pu = 0$$

$$p_{,}x + p_{,}'x' + p_{,}''x'' + \ldots + P_{,}u_{,} = 0$$

$$p_{,,}x + p_{,,}'x' + p_{,,}''x'' + \ldots + P_{,,}u_{,,} = 0$$

etc. etc.

woraus man sofort

$$u = -\frac{p}{P}x - \frac{p'}{P}x' + \frac{p''}{P}x'' - \ldots$$

$$u_{,} = -\frac{p_{,}}{P_{,}}x - \frac{p_{,}'}{P_{,}}x' - \frac{p_{,}''}{P_{,}}x'' - \ldots$$

$$u_{,,} = -\frac{p_{,,}}{P_{,,}}x - \frac{p_{,,}'}{P_{,,}}x' - \frac{p_{,,}''}{P_{,,}}x'' - \ldots$$

etc. etc.

erhält, die die wahrscheinlichsten Werthe der u, $u_{,}$, $u_{,,}$, etc. geben, nachdem die der x, x', x'', etc. ermittelt worden sind.

Die zweite Gruppe von Gleichungen des Art. 4 bleibt jetzt zwar der äussern Form nach unverändert, aber die Ausdrücke der (lx), (lx'), (lx''), etc. müssen nun nach den folgenden Ausdrücken berechnet werden,

$$
\begin{aligned}
(lx) &= p(l-m) + p_{,}(l_{,}-m_{,}) + p_{,,}(l_{,,}-m_{,,}) + \ldots \\
(lx') &= p'(l'-m) + p_{,}'(l_{,}'-m_{,}) + p_{,,}'(l_{,,}'-m_{,,}) + \ldots \\
(lx'') &= p''(l''-m) + p_{,}''(l_{,}''-m_{,}) + p_{,,}''(l_{,,}''-m_{,,}) + \ldots \\
&\text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.}
\end{aligned}
$$

wobei zu bemerken ist, dass daraus

$$0 = (lx) + (lx') + (lx'') + \ldots$$

folgt. Eliminirt man nun aus derselben zweiten Gruppe von Gleichungen des Art. 4 die u, $u_{,}$, $u_{,,}$, etc. durch die vorstehenden Ausdrücke derselben, so ergeben sich

$$
\begin{aligned}
[aa]x+[ab]x'+[ac]x''+\ldots &= (lx) - (I)q - (II)r - (III)s - \ldots \\
[ab]x+[bb]x'+[bc]x''+\ldots &= (lx') - (I)q' - (II)r' - (III)s' - \ldots \\
[ac]x+[bc]x'+[cc]x''+\ldots &= (lx'') - (I)q'' - (II)r'' - (III)s'' - \ldots \\
&\text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.}
\end{aligned}
$$

in welchen die Coefficienten der x, x', x'', etc. die folgende Form annehmen,

$$
\begin{aligned}
[aa] &= Q - (pp) \\
[ab] &= \quad - (pp') \\
[ac] &= \quad - (pp'') \\
&\text{etc.} \\
[bb] &= Q' - (p'p') \\
[bc] &= \quad - (p'p'') \\
&\text{etc.} \\
[cc] &= Q'' - (p''p'') \\
&\text{etc.} \\
&\text{etc.}
\end{aligned}
$$

nachdem

$$
\begin{aligned}
(pp) &= \frac{p^2}{P} + \frac{p_{,}^2}{P_{,}} + \frac{p_{,,}^2}{P_{,,}} + \ldots \\
(pp') &= \frac{pp'}{P} + \frac{p_{,}p_{,}'}{P_{,}} + \frac{p_{,,}p_{,,}'}{P_{,,}} + \ldots \\
(pp'') &= \frac{pp''}{P} + \frac{p_{,}p_{,}''}{P_{,}} + \frac{p_{,,}p_{,,}''}{P_{,,}} + \ldots \\
&\text{etc.} \\
(p'p') &= \frac{p'^2}{P} + \frac{p_{,}'^2}{P_{,}} + \frac{p_{,,}'^2}{P_{,,}} + \ldots \\
(p'p'') &= \frac{p'p''}{P} + \frac{p_{,}'p_{,}''}{P_{,}} + \frac{p_{,,}'p_{,,}''}{P_{,,}} + \ldots \\
&\text{etc.}
\end{aligned}
$$

$$(p''p'') = \frac{p''^2}{P} + \frac{p_{,}''^2}{P_{,}} + \frac{p_{,,}''^2}{P_{,,}} + \ldots$$

etc.

etc.

gesetzt worden sind.

7.

Die eben entwickelten Gleichungen können, wenn Richtungen beobachtet worden sind, nicht ohne Weiteres angewandt werden, sondern bedürfen in diesem Falle einer Abänderung. Da auf jeder Station der gemeinschaftliche Anfangspunkt aller Richtungen, und somit Eine Richtung selbst, völlig willkührlich ist, und diese Eigenschaft sich in diesen Gleichungen aussprechen muss, so sind sie nicht im Stande bestimmte Werthe der Richtungen zu geben, wenn sie nicht auf geeignete Art abgeändert werden. Diese Eigenschaft spricht sich dadurch aus, dass von diesen Gleichungen jede in den übrigen enthalten ist, wie jetzt gezeigt werden soll.

Die Ausdrücke des vor. Art. für die (pp), (pp'), etc. etc. zeigen leicht, wenn man sie mit den Ausdrücken der Q, Q', Q'', etc. des Art. 4 vergleicht, dass die folgenden Gleichungen statt finden,

$$Q = (pp) + (pp') + (pp'') + \ldots$$
$$Q' = (pp') + (p'p') + (p'p'') + \ldots$$
$$Q'' = (pp'') + (p'p'') + (p''p'') + \ldots$$

etc.

und ausserdem erhielten wir schon

$$0 = (lx) + (lx') + (lx'') + \ldots$$

Erwägt man ferner, dass in den Bedingungsgleichungen des Dreiecksnetzes blos Winkel, also blos Unterschiede von irgend zwei Richtungen vorkommen, so findet man unmittelbar, dass immer

$$0 = q + q' + q'' + \ldots$$
$$0 = r + r' + r'' + \ldots$$
$$0 = s + s' + s'' + \ldots$$

etc.

sein müssen. Addirt man hierauf die im vor. Art. für die x, x', x'', etc. abgeleiteten Gleichungen, so giebt sich zu erkennen,

dass ihre Summe identisch Null ist, und dass folglich jede dieser Gleichungen in den übrigen enthalten ist. W. z. b. w.

8.

Da aber auf jeder Station Eine Richtung willkührlich ist, so darf man zwischen allen Richtungen derselben eine Bedingungsgleichung einführen, deren Coefficienten zwar auch willkührlich sein werden, aber immer auf zweckmässige Art bestimmt werden können. Sei diese Bedingungsgleichung

$$0 = Nx + N'x' + N''x'' + \dots$$

von welcher wir hier annehmen dürfen, dass sie sich über das ganze Dreiecksnetz erstreckt, die sich aber in der Anwendung von selbst in so viele besondere Gleichungen zerlegen wird, wie Stationen vorhanden sind. Da dieser Bedingungsgleichung eben so wie denjenigen, die das Dreiecksnetz darbietet, vollständig Gnüge geleistet werden muss, so fügt ihre Einführung der Function, die im Art. 3 zum Minimum gemacht wurde, das Glied

$$+ 2\psi(Nx + N'x' + N''x'' + \dots)$$

hinzu. Da diese Function von den u, $u_{,}$, $u_{,,}$, etc. unabhängig ist, so ergiebt sich ohne Weiteres, dass ihre Einführung eine der Einführung der Bedingungsgleichungen des Dreiecksnetzes vollkommen analoge Wirkung äussern, und die Gleichungen des Art. 6 in die folgenden verwandeln muss,

$$[aa]x + [ab]x' + [ac]x'' + \dots = (lx) - \psi N - (I)q - (II)r - (III)s - \dots$$
$$[ab]x + [bb]x' + [bc]x'' + \dots = (lx') - \psi N' - (I)q' - (II)r' - (III)s' - \dots$$
$$[ac]x + [bc]x' + [cc]x'' + \dots = (lx'') - \psi N'' - (I)q'' - (II)r'' - (III)s'' - \dots$$
etc. etc.

Addirt man diese Gleichungen, so findet man

$$0 + \psi(N + N' + N'' + \dots)$$

woraus $\psi = 0$ folgt. Diese Gleichung bedeutet hier nichts anderes, als dass man in die vorstehenden Gleichungen für ψ jede linearische Function der x, x', x'', etc. substituiren darf, die die Eigenschaft besitzt, dass sie immer Null wird. Verbinden wir hiemit die Forderung, dass in den vorstehenden Gleichungen die Coefficienten der x, x', x'', etc. ihre normale Form, nemlich $[ba] = [ab]$, etc. beibehalten sollen, so können wir nur

$$\psi = Nx + N'x' + N''x'' + \ldots$$

setzen. Substituirt man diesen Ausdruck für ψ, so erhält man

$$\begin{aligned}
(aa)x + (ab)x' + (ac)x'' + \ldots &= (kx) - (I)q - (II)r - (III)s - \ldots \\
(ab)x + (bb)x' + (bc)x'' + \ldots &= (kx') - (I)q' - (II)r' - (III)s' - \ldots \\
(ac)x + (bc)x' + (cc)x'' + \ldots &= (kx'') - (I)q'' - (II)r'' - (III)s'' - \ldots \\
\text{etc.} \qquad & \qquad \text{etc.}
\end{aligned}$$

in welchen

$$\begin{aligned}
(aa) &= Q + N^2 - (pp) \\
(ab) &= \quad NN' - (pp') \\
(ac) &= \quad NN'' - (pp'') \\
&\text{etc.} \\
(bb) &= Q' + N'^2 - (p'p') \\
(bc) &= \quad N'N'' - (p'p'') \\
&\text{etc.} \\
(cc) &= Q'' + N''^2 - (p''p'') \\
&\text{etc.} \\
&\text{etc.}
\end{aligned}$$

Diese Gleichungen sind immer von einander unabhängig, und können also zur Bestimmung der darin enthaltenen Unbekannten dienen. Es ist des Weiteren im Art. 74 der Abhandlung bewiesen, dass die Hinzufügung der obigen Bedingungsgleichung auf die Werthe der Unterschiede der Richtungen, d. h. der Winkel, so wie auf die Werthe der Aggregate

$$\begin{aligned}
&x + u\,, \quad x' + u\,, \quad \text{etc.} \\
&x + u_{,}\,, \quad x' + u_{,}\,, \quad \text{etc.} \\
&\qquad \text{etc.}
\end{aligned}$$

nicht den mindesten Einfluss äussert. Da dieser Beweis dort eingesehen werden kann, so braucht er hier nicht wiederholt zu werden.

9.

Für den ferneren Verfolg der Auflösung unserer Aufgabe sollen jetzt von den im vor. Art. erhaltenen Gleichungen die mit (I), (II), (III), etc. multiplicirten Glieder abgetrennt werden, und da hierauf der übrige Theil derselben nicht die wahren Werthe der x, x', x'', etc. geben kann, so sollen dafür y, y', y'', etc. gesetzt werden. Wir erhalten daher

$$
\begin{array}{l}
(aa)y + (ab)y' + (ac)y'' + \ldots = (lx) \\
(ab)y + (bb)y' + (bc)y'' + \ldots = (lx') \\
(ac)y + (bc)y' + (cc)y'' + \ldots = (lx'') \\
\quad \text{etc.} \qquad\qquad\qquad\qquad \text{etc.}
\end{array}
$$

Da in diesen Gleichungen nur Grössen vorkommen, die von den Stationen im Einzelnen abhängen, und auf jeder Station neue Richtungen eintreten, die sich auf keiner andern Station wiederholen, so zerfallen sie in wenigstens so viele von einander völlig unabhängige Systeme, wie Stationen vorhanden sind. Ihre Bildung und Auflösung bildet den ersten Theil der Ausgleichungsrechnungen, den man die Ausgleichungen auf den Stationen nennt. Setzt man nun

$$x = y - z\,, \quad x' = y' - z'\,, \quad x'' = y'' - z''\,, \text{ etc.}$$

und substituirt diese Ausdrücke in die Gleichungen des vor. Art., so bekommt man in Folge der vorstehenden Gleichungen

$$
\begin{array}{l}
(aa)z + (ab)z' + (ac)z'' + \ldots = (I)q + (II)r + (III)s + \ldots \\
(ab)z + (bb)z' + (bc)z'' + \ldots = (I)q' + (II)r' + (III)s' + \ldots \\
(ac)z + (bc)z' + (cc)z'' + \ldots = (I)q'' + (II)r'' + (III)s'' + \ldots \\
\quad \text{etc.} \qquad\qquad\qquad\qquad \text{etc.}
\end{array}
$$

aus welchen die y, y', y'', etc. eliminirt sind. Die Auflösung dieser Gleichungen bildet den zweiten Theil des Ausgleichungsverfahrens, und hier findet im Allgemeinen keine Zerlegung in verschiedene Systeme statt, sondern diese Gleichungen bilden ein einziges System von Gleichungen, dessen schliessliche Unbekannte sich über das ganze Dreiecksnetz erstrecken.

10.

Ich werde jetzt annehmen, dass das System der Gleichungen für die y, y', y'', etc. des vor. Art. unbestimmt aufgelöst sei, und dass man erhalten habe,

$$
\begin{array}{l}
y = \{1,1\}(lx) + \{1,2\}(lx') + \{1,3\}(lx'') + \ldots \\
y' = \{1,2\}(lx) + \{2,2\}(lx') + \{2,3\}(lx'') + \ldots \\
y'' = \{1,3\}(lx) + \{2,3\}(lx') + \{3,3\}(lx'') + \ldots \\
\quad \text{etc.} \qquad\qquad\qquad\qquad \text{etc.}
\end{array}
$$

wo also $\{1,1\}$, $\{1,2\}$, etc. $\{2,2\}$, etc. etc. die Coefficienten der unbestimmten Auflösung bezeichnen, die in jedem speciellen

Falle bestimmte, numerische Werthe haben. Vergleicht man hierauf die beiden Systeme von Gleichungen des vor. Art. mit einander, so ergiebt sich sogleich, dass die Werthe der z, z', z'', etc. aus den vorstehenden der y, y', y'', etc. hervorgehen, wenn in diese

$$\begin{array}{ll} I\,q + II\,r + III\,s + \ldots & \text{statt } lr \\ I\,q' + II\,r' + III\,s' + \ldots & \text{———} \quad lr' \\ I\,q'' + II\,r'' + III\,s'' + \ldots & \text{———} \quad lr'' \\ \text{etc.} & \quad\text{etc.} \end{array}$$

substituirt werden. Die Ausführung dieser Substitution giebt ohne Mühe

$$\begin{array}{l} z = (\alpha r)\, I + (\alpha x)\, II + (\alpha\lambda)\, III + \ldots \\ z' = (\beta r)\, I + (\beta x)\, II + (\beta\lambda)\, III + \ldots \\ z'' = (\gamma r)\, I + (\gamma x)\, II + (\gamma\lambda)\, III + \ldots \\ \quad \text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.} \end{array}$$

in welchen die Coefficienten die folgende Zusammensetzung haben,

$$\begin{array}{l} (\alpha r) = \{1,1\}q + \{1,2\}q' + \{1,3\}q'' + \ldots \\ (\alpha x) = \{1,1\}r + \{1,2\}r' + \{1,3\}r'' + \ldots \\ (\alpha\lambda) = \{1,1\}s + \{1,2\}s' + \{1,3\}s'' + \ldots \\ \quad \text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.} \\ (\beta r) = \{1,2\}q + \{2,2\}q' + \{2,3\}q'' + \ldots \\ (\beta x) = \{1,2\}r + \{2,2\}r' + \{2,3\}r'' + \ldots \\ (\gamma x) = \{1,2\}s + \{2,2\}s' + \{2,3\}s'' + \ldots \\ \quad \text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.} \\ (\gamma r) = \{1,3\}q + \{2,3\}q' + \{3,3\}q'' + \ldots \\ (\gamma x) = \{1,3\}r + \{2,3\}r' + \{3,3\}r'' + \ldots \\ (\gamma\lambda) = \{1,3\}s + \{2,3\}s' + \{3,3\}s'' + \ldots \\ \quad \text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.} \end{array}$$

Diese Grössen sind es, die im Verlaufe der Abhandlung später mit $f(r,I)$, $f(r,II)$, etc. bezeichnet worden sind, gleichwie den q, q', etc. r, r', etc. etc. die Bezeichnung $q(r,I)$, $q(r,II)$, etc. beigelegt worden ist.

11.

Die eben erhaltenen Gleichungen geben die Werthe der z, z', z'', etc. nachdem die der (I), (II), (III) etc. ermittelt worden sind, und um diese zu erhalten müssen wir diese Gleichungen mit den Bedingungsgleichungen des Art. 2 verbinden. Substituirt man die Gleichungen

$$x = y - z \;,\quad x' = y' - z' \;,\quad x'' = y'' - z'' \;,\ \text{etc.}$$

in die Bedingungsgleichungen des Art. 2, so gehen diese in die folgenden über,

$$\begin{aligned} & qz + q'z' + q''z'' + \ldots \\ = \; & qy + q'y' + q''y'' + \ldots + f = F \\ & rz + r'z' + r''z'' + \ldots \\ = \; & ry + r'y' + r''y'' + \ldots + g = G \\ & sz + s'z' + s''z'' + \ldots \\ = \; & sy + s'y' + s''y'' + \ldots + h = H \\ & \text{etc.} \qquad\qquad\qquad \text{etc.} \end{aligned}$$

welche zugleich die Bedeutung der eingeführten Grössen F, G, H, etc. zeigen. Es ist nemlich augenscheinlich F das Resultat der Substitution der Werthe der y, y', y'', etc. in die erste Bedingungsgleichung, G das Resultat der Substitution derselben Werthe in die zweite Bedingungsgleichung, H das Resultat derselben Substitution in die dritte Bedingungsgleichung, u. s. w. Da aber die Werthe der y, y', y'', etc., die aus dem ersten System von Gleichungen des Art. 9 hervorgehen, jetzt als bekannt angesehen werden können, so sind auch F, G, H, etc. bekannte und bestimmte, numerische Grössen.

Gehen wir nun zu den Gleichungen für die z, z', z'', etc. des vor. Art. über. Multiplicirt man die erste dieser mit q, die zweite mit q', die dritte mit q'', und addirt; multiplicirt man ebenso mit r, r', r'', etc. s, s', s'', etc. etc. und addirt jedes Mal, so erhält man in Folge der eben abgeleiteten Gleichungen,

$$\begin{aligned} (\eta\eta)(I) + (\eta\varkappa)(II) + (\eta\lambda)(III) + \ldots &= F \\ (\eta\varkappa)(I) + (\varkappa\varkappa)(II) + (\varkappa\lambda)(III) + \ldots &= G \\ (\eta\lambda)(I) + (\varkappa\lambda)(II) + (\lambda\lambda)(III) + \ldots &= H \\ \text{etc.} \qquad\qquad\qquad\qquad & \text{etc.} \end{aligned}$$

in welchen die Coefficienten die folgenden Ausdrücke haben,

$$
\begin{aligned}
(\eta\eta) &= (\alpha\eta)q + (\beta\eta)q' + (\gamma\eta)q'' + \dots \\
(\eta\varkappa) &= (\alpha\varkappa)q + (\beta\varkappa)q' + (\gamma\varkappa)q'' + \dots \\
&= (\alpha\eta)r + (\beta\eta)r' + (\gamma\eta)r'' + \dots \\
(\eta\lambda) &= (\alpha\lambda)q + (\beta\lambda)q' + (\gamma\lambda)q'' + \dots \\
&= (\alpha\eta)s + (\beta\eta)s' + (\gamma\eta)s'' + \dots \\
&\quad \text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.} \\
(\varkappa\varkappa) &= (\alpha\varkappa)r + (\beta\varkappa)r' + (\gamma\varkappa)r'' + \dots \\
(\varkappa\lambda) &= (\alpha\lambda)r + (\beta\lambda)r' + (\gamma\lambda)r'' + \dots \\
&= (\alpha\varkappa)s + (\beta\varkappa)s' + (\gamma\varkappa)s'' + \dots \\
&\quad \text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.} \\
(\lambda\lambda) &= (\alpha\lambda)s + (\beta\lambda)s' + (\gamma\lambda)s'' + \dots \\
&\quad \text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.} \\
&\quad \text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.}
\end{aligned}
$$

von welchen die Identität der doppelten Ausdrücke durch Substitution der Ausdrücke für $(\alpha\eta)$, $(\beta\eta)$, etc. etc. leicht nachgewiesen werden kann. Diese Grössen sind im Verlaufe der Abhandlung später mit (I,I), (I,II), etc. (II,II), etc. etc. bezeichnet worden.

Die obigen Gleichungen sind die Endgleichungen der Aufgabe.

Durch die Auflösung derselben bekommt man die Werthe der Unbekannten (I), (II), (III), etc. deren Substitution in die Gleichungen des vor. Art. die Werthe der z, z', z'', etc. giebt. Hiemit sind die wahrscheinlichsten Werthe der Richtungen x, x', x'', etc. schon ermittelt, und man erhält damit, wenn man will, die wahrscheinlichsten Werthe der u, $u_{,}$, $u_{,,}$, etc. durch Substitution in die betr. Gleichungen des Art. 6. Man kann auf die hier abgeleiteten Gleichungen die Substitutionen und Transformationen, die in der Abhandlung und den dazu gehörigen Supplementen entwickelt sind, anwenden, und sich dadurch Erleichterung der auszuführenden Rechnungen verschaffen.

12.

Mit dem Vorhergehenden kann die Auflösung unserer Aufgabe noch nicht als vollständig ausgeführt betrachtet werden. Es ist noch ein bequemer Ausdruck für die Summe der mit ihren Gewichten multiplicirten Quadrate der übrig bleibenden

Fehler, so wie das Gewicht irgend einer bestimmten Function der Richtungen zu ermitteln.

Bezeichnet man mit W die Summe der mit ihren Gewichten multiplicirten Quadrate der übrig bleibenden Fehler, so hat man zufolge des Art. 3, da allen Bedingungsgleichungen vollständig Genüge geleistet worden ist, augenscheinlich den folgenden Ausdruck,

$$\begin{aligned} W = & \, p(x+u-l)^2 + p'(x'+u-l')^2 + p''(x''+u-l'')^2 + \ldots \\ & + p_,(x+u_,-l_,)^2 + p_,'(x'+u_,-l_,')^2 + p_,''(x''+u_,-l_,'')^2 + \ldots \\ & + p_{,,}(x+u_{,,}-l_{,,})^2 + p_{,,}'(x'+u_{,,}-l_{,,}')^2 + p_{,,}''(x''+u_{,,}-l_{,,}'')^2 + \ldots \\ & + \text{etc.} \end{aligned}$$

in welchem die dem Vorhergehenden gemäss ermittelten, wahrscheinlichsten Werthe der x, x', x'', etc. und u, $u_,$, $u_{,,}$, etc. zu substituiren sind. Die Ausführung dieser Substitution ist zeitraubend und weitläuftig, sie kann aber vermieden werden, da der vorstehende Ausdruck sich in einen weit einfacheren umwandeln lässt.

13.

Führt man vor Allem, dem Vorhergehenden entsprechend, in den Ausdruck für W die im Art. 5 mit m, $m_,$, $m_{,,}$, etc. bezeichneten Grössen ein, indem man $l-m$, $l'-m$, etc. $l_,-m_,$, $l_,'-m_,$, etc. etc. bez. statt l, l', etc. $l_,$, $l_,'$, etc. etc. schreibt, und entwickelt die Quadrate, so erhält man mit Rücksicht auf die Gleichungen

$$(lu) = 0 \;, \quad (lu_,) = 0 \;, \quad (lu_{,,}) = 0 \;, \quad \text{etc.}$$

ohne Mühe

$$\begin{aligned} W = & \{(ll) - (lx)x - (lx')x' - (lx'')x'' - \ldots\} \\ & + \{Qx + pu + p_,u_, + p_{,,}u_{,,} + \ldots - (lx)\}x \\ & + \{Q'x' + p'u + p_,'u_, + p_{,,}'u_{,,} + \ldots - (lx')\}x' \\ & + \{Q''x'' + p''u + p_,''u_, + p_{,,}''u_{,,} + \ldots - (lx'')\}x'' \\ & + \text{etc.} \end{aligned}$$

wo

$$\begin{aligned} (ll) = & \, p(l-m)^2 + p'(l'-m)^2 + p''(l''-m)^2 + \ldots \\ & + p_,(l_,-m_,)^2 + p_,'(l_,'-m_,)^2 + p_,''(l_,''-m_,)^2 + \ldots \\ & + p_{,,}(l_{,,}-m_{,,})^2 + p_{,,}'(l_{,,}'-m_{,,})^2 + p_{,,}''(l_{,,}''-m_{,,})^2 + \ldots \\ & + \text{etc.} \end{aligned}$$

und die (lx), (lx'), (lx''), etc. dieselben Ausdrücke haben wie im Art. 6. Eliminirt man aus diesem Ausdruck für W die u, $u_{,}$, $u_{,,}$, etc. durch die im angezogenen Artikel dafür erhaltenen Ausdrücke, so ergiebt sich

$$\begin{aligned} W = & \{(ll) - (lx)x - (lx')x' - (lx'')x'' - \ldots\} \\ & + \{(aa)x + (ab)x' + (ac)x'' + \ldots - (lx)\}x \\ & + \{(ab)x + (bb)x' + (bc)x'' + \ldots - (lx')\}x' \\ & + \{(ac)x + (bc)x' + (cc)x'' + \ldots - (lx'')\}x'' \\ & + \text{etc.} \end{aligned}$$

indem man ohne Weiteres erkennt, dass in diesem Ausdruck die Coefficienten N, N', N'', etc. der im Art. 8 eingeführten Bedingungsgleichung von selbst verschwinden. Setzt man in die erste Zeile dieses Ausdrucks

$$x = y - z\ , \quad x' = y' - z'\ , \quad x'' = y'' - z''\ , \ \text{etc.}$$

und vergleicht den übrigen Theil desselben mit den Gleichungen für die x, x', x'', etc. des Art. 8, so giebt sich leicht zu erkennen, dass er in den folgenden übergeht,

$$\begin{aligned} W = & \{(ll) - (lx)y - (lx')y' - (lx'')y'' - \ldots\} \\ & + \{(lx)z + (lx')z' + (lx'')z'' + \ldots\} \\ & + f(I) + g(II) + h(III) + \ldots \end{aligned}$$

Die Gleichungen für die y, y', y'', etc. des Art. 9 geben aber

$$\begin{aligned} (lx)z + (lx')z' + (lx'')z'' + \ldots = & \{(aa)z + (ab)z' + (ac)z'' + \ldots\}y \\ & + \{(ab)z + (bb)z' + (bc)z'' + \ldots\}y' \\ & + \{(ac)z + (bc)z' + (cc)z'' + \ldots\}y'' \\ & + \text{etc.} \end{aligned}$$

und nach der Elimination der z, z', z'', etc. durch die betreffenden Gleichungen desselben Artikels,

$$(lx)z + (lx')z' + (lx'')z'' + \ldots = (F-f)(I) + (G-g)(II) + (H-h)(III) + \ldots$$

Hiemit wird

$$\begin{aligned} W = & \{(ll) - (lx)y - (lx')y' - (lx'')y'' - \ldots\} \\ & + \{F(I) + G(II) + H(III) + \ldots\} \end{aligned}$$

womit die Hauptreduction ausgeführt ist.

14.

Der eben erhaltene Ausdruck für W besteht aus zwei Theilen, von welchen der erste aus den Grössen, die den Stationsgleichungen angehören, eben so zusammen gesetzt ist, wie der andere aus den Grössen, die den Endgleichungen angehören. Gehen wir zu den Hülfsgrössen $(bb,1)$, $(bc,1)$, etc. $(cc,2)$, etc. etc. über, die man bei der Auflösung der Gleichungen, auf welche die Methode der kleinsten Quadrate hinführt, anzuwenden pflegt, so wird, wenn man vorläufig nur Eine Station betrachtet,

$$(ll) - (lx)y - (lx')y' - (lx'')y'' - \ldots = (ll,n)$$

wenn n die Anzahl der Richtungen bezeichnet, die auf dieser Station vorhanden sind. Bezeichnet man ferner die Anzahl der Endgleichungen, oder welches hier dasselbe ist, die Anzahl der Bedingungsgleichungen des Dreiecksnetzes mit q, und mit R_q die Grösse, die bei der Auflösung dieser eben so zu berechnen ist, wie (ll,n) bei der Auflösung jener, so wird

$$F(I) + G(II) + H(III) + \ldots = R_q$$

indem hier die der (ll) entsprechende Grösse Null ist. Das Nähere über diese beiden Reductionen kann in der angezogenen Abhandlung nachgesehen werden. Durch das Vorstehende wird schliesslich

$$W = \Sigma(ll,n) + R_q$$

wo das Summenzeichen Σ sich auf alle vorhandenen Stationen bezieht. Dieser Ausdruck lässt sich zugleich mit der Auflösung der betreffenden Gleichungen mit sehr geringer Mühe berechnen.

15.

Den Ausdruck für das Gewicht einer beliebigen, bestimmten Function der Richtungen habe ich schon vor 30 Jahren im 16. Bande von Schum. Astr. Nachr. gegeben. In der angezogenen Abhandlung habe ich ihn durch Hülfe des Satzes entwickelt, dass die Gewichte überhaupt Maxima sind, und auf diesem Satze zugleich die vollständige Auflösung der allgemeinen Aufgabe gegründet. Hier werde ich den Ausdruck für das eben genannte Gewicht ohne Beihülfe dieses Satzes ableiten. Sei

$$\Omega = \omega + kx + k'x' + k''x'' + \ldots$$

eine beliebige, aber bestimmte Function der Richtungen, die

man, wenn sie nicht ursprünglich linearisch war, durch Differentiationen auf die vorstehende Form gebracht habe. Setzt man wieder

$$x = y - z\ ;\quad x' = y' - z'\ ,\quad x'' = y'' - z''\ ,\ \text{etc.}$$

so wird

$$\Omega = \omega + ky + k'y' + k''y'' + \ldots - kz - k'z' - k''z'' - \ldots$$

Multiplicirt man die Ausdrücke der z, z', z'', etc. des Art. 10 bez. mit k, k', k'', etc. und addirt, so bekommt man

$$kz + k'z' + k''z'' + \ldots = (\eta M)(I) + (\varkappa M)(II) + (\lambda M)(III) + \ldots$$

nachdem

$$\begin{aligned}(\eta M) &= (\alpha\eta)k + (\beta\eta)k' + (\gamma\eta)k'' + \ldots\\ (\varkappa M) &= (\alpha\varkappa)k + (\beta\varkappa)k' + (\gamma\varkappa)k'' + \ldots\\ (\lambda M) &= (\alpha\lambda)k + (\beta\lambda)k' + (\gamma\lambda)k'' + \ldots\\ &\text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.}\end{aligned}$$

gesetzt worden sind. Stellt man aber die Gleichungen

$$\begin{aligned}(\eta\eta)\alpha + (\eta\varkappa)\beta + (\eta\lambda)\gamma + \ldots &= (\eta M)\\ (\eta\varkappa)\alpha + (\varkappa\varkappa)\beta + (\varkappa\lambda)\gamma + \ldots &= (\varkappa M)\\ (\eta\lambda)\alpha + (\varkappa\lambda)\beta + (\lambda\lambda)\gamma + \ldots &= (\lambda M)\\ \text{etc.} \qquad\qquad &\text{etc.}\end{aligned}$$

auf, so erhält man leicht durch die Verbindung mit den Endgleichungen des Art. 11 die Relation

$$\begin{aligned}&(\eta M)(I) + (\varkappa M)(II) + (\lambda M)(III) + \ldots\\ &= F\alpha + G\beta + H\gamma + \ldots\end{aligned}$$

und der Ausdruck für Ω wird

$$\begin{aligned}\Omega = \omega - f\alpha - g\beta - h\gamma - \ldots + (k - q\alpha - r\beta - s\gamma - \ldots)y\\ + (k' - q'\alpha - r'\beta - s'\gamma - \ldots)y' + (k'' - q''\alpha - r''\beta - s''\gamma - \ldots)y'' + \ldots\end{aligned}$$

indem im Art. 11

$$F = f + qy + q'y' + q''y'' + \ldots$$
$$\text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.}$$

gesetzt wurde. Zum Ausdruck des Gewichts tragen nur die Glieder bei, die von den beobachteten Grössen l, l', l'', etc. $l_{,}$, $l_{,}'$, etc. etc. abhängig sind, und im vorstehenden Ausdruck von Ω sind alle diese Glieder in y, y', y'', etc. concentrirt. Wir können also auf diese Function den Ausdruck unmittelbar anwenden, der im Art. 23 der angezogenen Abhandlung für die

dort K genannte Function abgeleitet worden ist. Nennt man daher P das Gewicht der Function Ω, und setzt zur Abkürzung

$$\begin{aligned}
K &= k - q\alpha - r\beta - s\gamma - \ldots \\
K' &= k' - q'\alpha - r'\beta - s'\gamma - \ldots \\
K'' &= k'' - q''\alpha - r''\beta - s''\gamma - \ldots \\
&\text{etc.} \qquad\qquad \text{etc.}
\end{aligned}$$

so erhält man sogleich

$$\begin{aligned}
\frac{1}{P} = K^2\{1,1\} &+ 2KK'\{1,2\} + 2KK''\{1,3\} + \ldots \\
&+ K'^2\{2,2\} + 2K'K''\{2,3\} + \ldots \\
&+ K''^2\{3,3\} + \ldots \\
&+ \text{etc.}
\end{aligned}$$

wo $\{1,1\}$, $\{1,2\}$, etc. $\{2,2\}$, etc. etc. dieselben Coefficienten wie im Art. 10 u. f.

16.

Um den eben gefundenen Ausdruck mehr zu reduciren, stelle ich die folgenden Gleichungen auf

$$\begin{aligned}
(aa)A + (ab)B + (ac)C + \ldots &= K \\
(ab)A + (bb)B + (bc)C + \ldots &= K' \\
(ac)A + (bc)B + (cc)C + \ldots &= K'' \\
\text{etc.} \qquad\qquad &\text{etc.}
\end{aligned}$$

durch welche sogleich der Ausdruck des vor Art. für das Gewicht P in

$$P = \frac{1}{AK + BK' + CK'' + \ldots}$$

übergeht. Seien ferner

$$\begin{aligned}
(aa)A' + (ab)B' + (ab)C' + \ldots &= k \\
(ab)A' + (bb)B' + (bc)C' + \ldots &= k' \\
(ac)A' + (bc)B' + (cc)C' + \ldots &= k'' \\
\text{etc.} \qquad\qquad &\text{etc.}
\end{aligned}$$

so bekommt man in Verbindung mit den vorhergehenden auf dieselbe Art, auf welche aus den beiden Systemen von Gleichungen des Art. 9 die Gleichungen für z, z', z'', etc. des Art. 10 hervorgegangen sind,

$$A' - A = (\alpha\eta)\alpha + (\alpha\varkappa)\beta + (\alpha\lambda)\gamma + \ldots$$
$$B' - B = (\beta\eta)\alpha + (\beta\varkappa)\beta + (\beta\lambda)\gamma + \ldots$$
$$C' - C = (\gamma\eta)\alpha + (\gamma\varkappa)\beta + (\gamma\lambda)\gamma + \ldots$$
etc. etc.

und ausserdem

$$A'K + B'K' + C'K'' + \ldots = Ak + Bk' + Ck'' + \ldots$$

(S. Abhdlg. Artt. 34 u. 35). Die Substitution der Ausdrücke K, K', K'', etc. giebt aber

$$\begin{aligned}(A'-A)K + (B'-B)K' + (C'-C)K'' + \ldots \\ = (\eta M)\alpha + (\varkappa M)\beta + (\lambda M)\gamma + \ldots \\ - (\eta\eta)\alpha^2 - (\eta\varkappa)\alpha\beta - (\eta\lambda)\alpha\gamma - \ldots \\ - (\eta\varkappa)\alpha\beta - (\varkappa\varkappa)\beta^2 - (\varkappa\lambda)\beta\gamma - \ldots \\ - (\eta\lambda)\alpha\gamma - (\varkappa\lambda)\beta\gamma - (\lambda\lambda)\gamma^2 - \ldots \\ - \text{etc.} \\ = (\eta M)\alpha + (\varkappa M)\beta + (\lambda M)\gamma + \ldots \\ - (\eta M)\alpha - (\varkappa M)\beta - (\lambda M)\gamma - \ldots = 0\end{aligned}$$

womit der vorstehende Ausdruck des Gewichts sich zuerst in

$$P = \frac{1}{Ak + Bk' + Ck'' + \ldots}$$

und hierauf durch nochmalige Anwendung der obigen Ausdrücke für $A' - A$, $B' - B$, $C' - C$, etc. in

$$P = \frac{1}{R - S}$$

wo

$$R = A'k + B'k' + C'k'' + \ldots$$
$$S = \alpha(\eta M) + \beta(\varkappa M) + \gamma(\lambda M) + \ldots$$

sind, verwandelt. Dieser Ausdruck stimmt mit dem des Art. 36 der Abhandlung überein. Die Hinführung desselben auf die zur Anwendung geeignetetste Form kann nun eben so wie in der Abhandlung bewerkstelligt werden, und man bekommt schliesslich wie dort

$$R = \frac{M^2}{(aa)} + \frac{M'^2}{(bb,1)} + \frac{M''^2}{(cc,2)} + \ldots$$
$$S = \frac{(\eta M)^2}{(\eta\eta)} + \frac{(\varkappa M,1)^2}{(\varkappa\varkappa,1)} + \frac{(\lambda M,2)^2}{(\lambda\lambda,2)} + \ldots$$

Es zeigt sich hiedurch, dass beides R und S immer positive

Grössen sind, von welchen R von den Bedingungsgleichungen des Dreiecksnetzes unabhängig ist, die Grösse S hingegen von diesen so abhängt, dass sie verschwindet, wenn diese nicht vorhanden sind. Es ist ferner dieser Ausdruck des Gewichts derselbe, den ich schon vor 30 Jahren gegeben habe.

17.

Die letzten Reductionen, sowohl des Ausdrucks für die Summe der Fehlerquadrate, wie für das Gewicht habe ich hier nur kurz angeführt, und die Reductionen der Ausdrücke für die wahrscheinlichsten Werthe der Richtungen ganz weggelassen. Die Ursache, die mich dazu veranlasst hat, ist die, dass man diese Reductionen in der angezogenen Abhandlung nebst der kürzlich erschienenen Supplementarabhandlung dazu so ausführlich erklärt findet, dass hierüber Nichts hinzuzufügen ist. Ich werde hier nur noch die verschiedenen Rechnungsarten, die in den eben genannten Abhandlungen entwickelt worden sind, kurz angeben.

Die Bestimmung der Coefficienten N, N', etc. der Bedingungsgleichung des Art. 8 geschieht am Zweckmässigsten auf die im Art. 76 der Abhandlung erklärte Art, und man kann hierauf die ganze Rechnung so wie dort, und namentlich in § 6, ausführlich angegeben ist, durchführen. Die genannte Bedingungsgleichung gewährt nicht nur eine Abkürzung der Rechnung, sondern sie bietet ausserdem eine Controlle dar, durch welche man sich der richtigen Ausführung der numerischen Rechnungen versichern kann. Im Supplement 3 habe ich gezeigt, dass sie sich nicht blos auf die Ausgleichungen auf den Stationen, sondern durch die ganze Rechnung hindurch erstreckt, und diese mit controllirt.

Statt genau so zu verfahren wie eben beschrieben, kann man von den Ausdrücken des Supplements 8 Gebrauch machen, wodurch man zwar die Berechnung der mit $\eta(r,I)$, etc. bezeichneten Grössen sich erspart, aber dafür die unbestimmte Auflösung der Stationsgleichungen ausführen muss, die bei dem eben genannten Verfahren wegfällt.

Eine andere Abänderung der Rechnung bietet das Supplement 9 dar, worin gezeigt worden ist, dass man die Berechnung des zweiten Systems der Hülfsgrössen, die mit β, γ, δ, etc. nebst angehängten Strichen bezeichnet worden sind, über-

gehen kann. Diese Ersparung kann auf jede der beiden eben genannten Verfahrungsarten angewandt werden, nemlich sei es, dass man die Berechnung der $\eta(r,I)$, etc. vorzieht, oder sei es, dass man statt dieser die unbestimmte Auflösung der Stationsgleichungen anwenden will.

Auf allen Stationen, wo es überhaupt möglich ist, die Stationsgleichungen in zwei oder mehrere von einander unabhängige Systeme zu zerlegen, trägt es sehr zur Abkürzung der Rechnungen bei, diese Zerlegung nach den Regeln des Supplements 5 auszuführen, und ist am Zweckmässigsten unter den dort erklärten vier Verfahrungsarten das erste oder zweite zu wählen. Auch hiebei kann man von dem Inhalte des Supplements 9 Anwendung machen, und die Berechnung des zweiten Systems der β, γ, δ, etc. unterlassen.

Das zweite in der Abhandlung erklärte Verfahren steht schon um deswillen dem ersten nach, weil es der Controllgleichungen, die dieses besitzt, entbehrt.

Eine wichtige Controlle will ich hier noch berühren, die ich bis jetzt deshalb unerwähnt gelassen habe, weil sie den Astronomen schon seit vielen Jahren bekannt ist. Die Auflösung der Endgleichungen kann man dadurch controlliren, dass man in jeder Gleichung die Summe aller Coefficienten, das völlig bekannte Glied eingeschlossen, einführt, und diese Summe bei der Auflösung der Gleichungen eben so behandelt, wie die Coefficienten selbst. Es wird dadurch jeder, ohne Zuziehung eines zweiten Rechners, in den Stand gesetzt, durch einmalige Durchführung der Auflösung sich der vollständigen Richtigkeit derselben versichern zu können.

O. Schlömilch. *Ueber die Wegschaffung von Wurzelgrössen aus Differentialen.*

Bezeichnet $F(x,y)$ eine rationale Function von x und y, so lässt sich das Integral

$$\int F(x, \sqrt{a+bx^2})dx$$

bekanntlich dadurch in eine rationale Form bringen, dass man eine der folgenden Substitutionen anwendet

$$\text{für } a > \text{ und } b > 0\,, \quad x = \sqrt{\frac{a}{b}} \cdot \frac{1-t^2}{2t}\,,$$

$$\text{» } a > 0 \text{ » } b < 0\,, \quad x = \sqrt{-\frac{a}{b}} \cdot \frac{1-t^2}{1+t^2}\,,$$

$$\text{» } a < 0 \text{ » } b > 0\,, \quad x = \sqrt{-\frac{a}{b}} \cdot \frac{1+t^2}{2t}\,.$$

Die Unterscheidung dieser drei Fälle verursacht bei einfachen Integralen keine wesentliche Unbequemlichkeit, sie kann aber bei mehrfachen Integralen sehr lästig werden sobald nämlich a und b von den sonst noch vorhandenen Variabelen abhängen. Unter solchen Umständen dürfte das nachstehende Verfahren, bei welchem es auf die Vorzeichen von a und b gar nicht ankommt, von erheblichem Nutzen sein.

Man übersieht leicht die Ausführbarkeit der folgenden Zerlegung

$$F(x, \sqrt{a+bx^2}) = f(x) + \frac{\varphi(x^2) + x\psi(x^2)}{\sqrt{a+bx^2}}\,,$$

worin f, φ, ψ rationale Functionen bedeuten; es handelt sich daher hauptsächlich nur um das Integral

$$\int \frac{\varphi(x^2)\,dx}{\sqrt{a+bx^2}}\,.$$

Bei diesem genügt die Substitution

$$\frac{cx}{\sqrt{a+bx^2}} = t \quad \text{oder} \quad x = \frac{\sqrt{a}\,.\,t}{\sqrt{c^2-bt^2}}$$

um die rationale Form herbeizuführen; es wird nämlich

$$\int \frac{\varphi(x^2)dx}{\sqrt{a+bx^2}} = \int \varphi\left(\frac{at^2}{c^2-bt^2}\right)\frac{c\,dt}{c^2-bt^2}\ .$$

Die Constante c bleibt hier willkührlich und kann in bestimmten Integralen so gewählt werden, dass die Grenzen für t möglichst bequem ausfallen.

Als Beispiel mag das folgende Doppelintegral dienen

$$S = \int_0^1\int_0^{\frac{1}{2}\pi} x^m \sqrt{(\cos^2\varphi + x^2\sin^2\varphi)^{n-1}}\ .\ \tan^p\varphi\, dx\, d\varphi\ .$$

Für $c = 1$ erhält man nach dem Vorigen

$$S = \int_0^1\int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{t^m \cos^{m+n-p}\varphi \sin^p\varphi\, dt\, d\varphi}{\sqrt{[\cos^2\varphi + (1-t^2)\sin^2\varphi]^{m+n+2}}}\ ,$$

und hier lässt sich die auf φ bezügliche Integration mittelst der Formel *)

$$\int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{\cos^{2\mu-1}\theta \sin^{2\nu-1}\theta\, d\theta}{(A\cos^2\theta + B\sin^2\theta)^{\mu+\nu}} = \frac{\Gamma(\mu)\Gamma(\nu)}{2\Gamma(\mu+\nu)}\cdot\frac{1}{A^\mu B^\nu}$$

ausführen; diess giebt

$$S = \frac{\Gamma\left(\frac{m+n-p+1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1+p}{2}\right)}{2\Gamma\left(\frac{m+n}{2}+1\right)}\int_0^1 \frac{t^m\, dt}{\sqrt{(1-t^2)^{p+1}}}\ .$$

Für $t = \sin\psi$ verwandelt sich das noch übrige Integral in

$$\int_0^{\frac{1}{2}\pi} \cos^{-p}\psi \sin^m\psi\, d\psi = \frac{\Gamma\left(\frac{1-p}{2}\right)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)}{2\Gamma\left(\frac{m-p}{2}+1\right)}\ ,$$

mithin ist zusammen

*) S. d. Verf. Compendium der höheren Analysis, Bd. II, S. 272.

$$S = \frac{\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{m+n-p+1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1-p}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1+p}{2}\right)}{4\Gamma\left(\frac{m+n}{2}+1\right)\Gamma\left(\frac{m-p}{2}+1\right)}.$$

Beachtet man noch die Relation

$$\Gamma\left(\frac{1-p}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1+p}{2}\right) = \frac{\pi}{\sin\frac{(1-p)\pi}{2}} = \frac{\pi}{\cos\frac{p\pi}{2}},$$

so hat man folgendes Endresultat

$$\int_0^1\int_0^{\frac{1}{2}\pi} x^m \sqrt{(\cos^2\varphi + x^2\sin^2\varphi)^{n-1}}\tan^p\varphi\, dx\, d\varphi$$

$$= \frac{\pi}{4\cos\frac{p\pi}{2}} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{m+n-p+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{m+n}{2}\right)\Gamma\left(\frac{m+p}{2}+1\right)},$$

worin p ein positiver echter Bruch sein muss.

Ein zwar sehr specieller aber bemerkenswerther Fall entsteht für $m=0$, $n=2$, $p=0$ nämlich

$$\int_0^1\int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sqrt{\cos^2\varphi + x^2\sin^2\varphi}\, dx\, d\varphi = \frac{\pi^2}{8};$$

hiernach ist $\frac{1}{2}\pi^2$ das arithmetische Mittel aus den Umfängen aller Ellipsen, deren gemeinschaftliche grosse Halbachse die Einheit ist, und deren kleine Halbachsen continuirlich von 0 bis 1 gehen.

Dr. Scheremetjewski, *Ueber die Aenderung des respiratorischen Gasaustausches durch die Zufügung verbrennlicher Molecüle zum kreisenden Blute.* Aus dem physiologischen Institut. Vorgelegt von dem w. Mitgliede *C. Ludwig*.

Die verschiedenen Ansichten, welche über die Ursachen der energischen Oxydationen aufgestellt sind, denen man im thierischen Körper begegnet, lassen sich unter zwei Gruppen zusammenfassen. Nach der ersten derselben entstehen innerhalb der Gewebe oder der Gefässe aus den schwerer oxydirbaren Molecülen und insbesondere durch Zerlegung derselben, Verbindungen, welche sich durch den im Blute anwesenden Sauerstoff leicht oxydiren lassen. Den Beweis dafür, dass diese Annahme begründet sei, hat neuerdings *Al. Schmidt* und zwar dadurch geliefert, dass er in sauerstofffreiem Erstickungsblute die Anwesenheit von Stoffen nachwies, welche durch einen Zusatz von Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser umgewandelt werden können. — Die zweite Ursache, welche man zur Erklärung der energischen Oxydationskräfte herbeizog, legte man in die Befähigung irgend eines lebendigen Bestandtheils dem Sauerstoff des Blutes ozonähnliche Eigenschaften zu ertheilen. Dieser Annahme fehlte es bis dahin an unterstützenden Thatsachen. Diese letzteren könnte man vielleicht dadurch zu gewinnen hoffen, dass man dem cirkulirenden Blute gewisse Atomgruppen zusetzt und sich dann überzeugt, ob dieselben rasch verbrannt werden, oder ob sie unzersetzt im Blute verweilen können. Sollte sich hierbei herausstellen, dass diejenigen Stoffe auch im Blutkreislauf rasch oxydirt würden, von denen wir wissen, dass sie den Angriffen des Ozons leicht unterliegen, so würde hierdurch allerdings ein Wahrscheinlichkeitsbeweis für die obengenannte Annahme geliefert sein. Eine grössere Tragweite als die der Wahrscheinlichkeit könnte jedoch in kei-

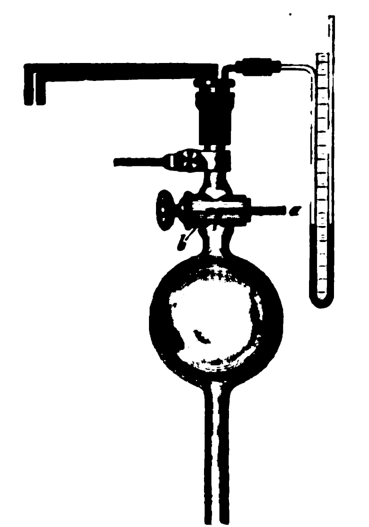
nem Fall einer solchen Thatsachenreihe beigemessen werden, da sich auch noch andere Erklärungen für das Zustandekommen jener Oxydation auffinden lassen.

Trotz der Zweideutigkeit, welche den soeben erwähnten Versuchen rücksichtlich der Frage nach den Oxydationswirkungen innewohnt, schien mir eine Ausführung derselben doch von Belang zu sein. Dieses dürfte namentlich dann der Fall sein, wenn man zur Injection in das lebendige Blut nur solche Verbindungen wählt, welche nachweislich normale Bestandtheile des thierischen Körpers sind. Sollte sich ergeben, dass einige derselben den Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung erhöhen könnten, während diess andere nicht zu thun vermöchten, so würde man daraus schliessen dürfen, dass die ersteren alsbald zerstört würden, sowie sie in den Blutstrom gelangten. Diese Auskunft würde, ganz abgesehen von der Erklärung, welche man ihr unterschieben wollte, jedenfalls eine praktische Bedeutung haben. Aus diesem Grund habe ich die folgende Versuchsreihe, welche mir Herr Professor *C. Ludwig* vorgeschlagen hat, ausgeführt.

Methodische Bemerkungen. Das Verfahren, welches ich bei der Ausführung der Versuche einschlagen musste, war dadurch vorgezeichnet, dass ich die Athemgase als Erkennungsmittel für die eingetretene Oxydation benutzte. Zur Bestimmung derselben diente mir der Fang-Apparat der Athmungsprodukte von *C. Ludwig*, welchen Dr. *Sanders Ezn* beschrieben und auf seine Brauchbarkeit geprüft hat. Während der zahlreichen Versuche, die ich mit demselben anstellte, bin ich noch auf einige Umstände aufmerksam geworden, durch deren Berücksichtigung die Genauigkeit des Verfahrens wesentlich erhöht wird.

Nach meinen Erfahrungen ist es durchaus nothwendig, an jedem Versuchstage aus dem Gasometer, welcher den Sauerstoffvorrath enthält, eine Probe zur Analyse abzunehmen. Diese Vorsichtsmassregel wird nöthig, weil sich der Sauerstoffgehalt des Gasometerinhaltes stetig vermindert. Diese Aenderung war allerdings von vornherein nicht wahrscheinlich, da die Flasche, welche zur Aufhebung des Sauerstoffs diente, mit einem vorzüglich gearbeiteten Messinghahn verschlossen war, der zudem überall unter Wasser stand. Da ich mich jedoch überzeugt habe, dass der O-Gehalt der Gasometerluft sich im Verlaufe

einiger Tage so weit ändert, dass die Abnahme des O durch die Gasanalyse nachgewiesen werden kann, so scheint hieraus zu folgen, dass trotz der erwähnten Vorsichtsmassregeln der Abschluss des genannten Luftraums kein vollständiger ist. Als einmal der O im Gasometer viele Wochen hindurch aufbewahrt war, traf ich ihn so stark mit Stickgas verunreinigt, dass er überhaupt für den Versuch unbrauchbar wurde. Bei dem von mir benutzten Apparate geschieht dieses jedesmal, wenn sich der Stickstoffgehalt in der Luft des Gasometers über 6%, erhöht. Da bekanntlich der Versuch solange fortgesetzt wird, bis das Thier ein Luftvolum verbraucht hat, welches demjenigen gleich ist, das aus dem Gasometer abgelassen wurde, und da das Thier vorzugsweise, wenn nicht allein, den Sauerstoff aus der ihm zugängigen Luft entfernt, so wird durch den Stickstoff, welchen die Gasometerluft mitbringt, der O-Gehalt im Athmungsraum herabgedrückt. Unter der Voraussetzung, dass die Gasometerluft den oben bezeichneten Gehalt an N besitzt, wird bei den Dimensionen des hiesigen Apparates der O-Gehalt des Athmungsraums unter 15% erniedrigt, so dass demnach die Atmosphäre, in welcher das Thier schliesslich athmet, zu weit von der Zusammensetzung der gewöhnlichen Luft abweicht, als dass die Störungen zu vernachlässigen seien, welche hierdurch in den Gasaustausch eingeführt werden.



Um die Genauigkeit der O-Bestimmung, insofern sie durch die Einrichtung des Apparates garantirt wird, noch weiter als bisher zu erhöhen, wurde statt der von *Sanders Ezn* verwendeten O-Kugel eine andere benutzt. Die Röhre, welche nach oben hin von der O-Kugel abgeht, trägt statt des früher nur einmal durchbohrten nun einen *T*förmig durchbohrten Glashahn *a* u. *b*; hierdurch war es möglich, den O-führenden Raum schärfer als bisher von

dem Athmungsraume abzugrenzen. Bei dem Versuche wurde der Hahn folgendermassen gehandhabt: Zuerst ward er in eine Stellung gebracht, bei welcher die O-Kugel nach oben hin vollkommen abgeschlossen war, in dieser Stellung ward das in der Kugel enthaltene Wasser gegen den O ausgetauscht. Wenn dieses geschehen, so übertrifft der Druck des Kugelinhalts den der Atmosphäre; um die für den Versuch nothwendige Gleichheit beider Drucke herbeizuführen, bedient man sich der knieförmigen Hahnbohrung *a*. Man stellt sie vorübergehend so ein, dass der Kugelraum mit der Atmosphäre communicirt, wobei dem gespannten O-Gas Gelegenheit zum Entweichen geboten wird. Bei einer raschen Vollführung des Handgriffs kann man, wie nachher das Manometer zeigt, die Sauerstoffspannung der atmosphärischen vollkommen gleich machen, ohne dass man ein Eindringen von atmosphärischer Luft in die Kugel zu fürchten hätte. — Ist der Binnendruck der Kugel dem atmosphärischen gleich, so dreht man den Hahn in die Stellung, bei welcher durch die Oeffnung *b* die Kugel mit dem Athmungsraum communicirt; alsdann kann der Versuch in der von *Sanders Ezn* beschriebenen Weise beginnen. Beendigt wurde derselbe, wenn das Wasser aus der Druckflasche bis an den Hahn gestiegen war, so dass zu Ende des Versuchs das Wasser genau den Raum ausfüllte, welcher im Beginn desselben von der O-reichen Luft eingenommen wurde. Da der Raum der Glasröhre über dem Hahn und zwar bis zu letzterem hin ventilirt wurde, so konnte man auch sicher sein, dass die Luft in dieser Abtheilung des Apparates schliesslich genau so zusammengesetzt war, wie in jeder andern desselben.

In die Ventilationskugeln, welche mit Quecksilber, Barytlösung und Luft gefüllt sind, habe ich jederseits ein Thermometer eingefügt, so dass mir die Temperatur der Luft zu Ende des Versuchs bekannt war. In der Regel übertraf die Schlusstemperatur des Athmungsraums die der Atmosphäre um 1° C.

Die Kohlensäurebestimmung, welche bekanntlich durch Titrirung der Barytlösung ausgeführt wird, habe ich etwas anders vorgenommen, als sie *Pettenkofer* vorschreibt. Die Neutralisation geschah mit sehr verdünnter, genau graduirter Schwefelsäure, welche mit Lackmustinctur versetzt war; in die Schwefelsäure wurde solange die Barytlösung eingelassen, bis die Flüssigkeit eine weinrothe Farbe annahm. Zu dieser kleinen, auch

von andrer Seite her empfohlenen Abänderung des Verfahrens entschloss ich mich, nachdem ich durch eine vergleichende Untersuchung die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass man durch sie übereinstimmendere Resultate erhält, als sie das Curcumapapier gewährt, selbst wenn letzteres mit aller Sorgfalt dargestellt ist.

Da alle Versuche mit möglichster Präcision ausgeführt sind und da, soweit ich sehe, durch das Verfahren kein wesentlicher Fehler eingeführt wird, so könnte ich mit einiger Hoffnung auf Erfolg die Betheiligung des Stickgases an der Athmung discutiren, selbst wenn dieses nur in der Absicht geschieht, um den Grad von Genauigkeit zu beleuchten, welcher meinen O-Bestimmungen zukommt.

Geht man von der Annahme aus, dass während einer Zeit von 25—30 Minuten (das Maximum je einer meiner Beobachtungszeiten) keine merkliche Menge Stickstoffs von dem Thiere eingenommen oder ausgegeben worden sei, so müsste man am Ende des Versuchs dieselbe Stickstoffmenge wiederfinden, die im Anfang desselben vorhanden gewesen wäre. Bezeichnete man also mit N den »procentigen« Stickstoffgehalt der atmosphärischen Luft, mit $\mathfrak{N}$ denjenigen der sauerstoffreichen Luft des Kugelinhalts und mit n den Stickstoffgehalt des Athmungsraums zu Ende des Versuchs; wäre ferner V das Volum des Athmungsraums und v das Volum der Sauerstoffkugel, so müsste $NV + nv = \mathfrak{N}V$ sein. Unter 82 Beobachtungen, welche ich in der nachstehenden Abhandlung mittheilen werde, finden sich jedoch nur 7 Fälle, in welchen die Werthe, die sich aus der genannten Hypothese berechnen, mit dem Ergebniss der Beobachtungen übereinstimmen, oder nur ganz unbedeutend von demselben abweichen.

Die Frage nun, ob sich die gefundene Abweichung auf physiologische durch das Thier gegebene Bedingungen, oder aber ob sie sich auf fehlerhafte Beobachtungsmittel gründet, kann man, wie ich glaube, durch die folgende Betrachtung entscheiden.

Die Abweichungen, welche die restirenden Stickstoffmengen von den ursprünglich vorhandenen darbieten, sind bald positiv und bald negativ. Wir würden also, indem wir nach

Fehlern suchen, zu erörtern haben, wie durch sie ein Verlust oder ein Ueberschuss an N erzeugt werden könnte.

In erster Linie wären die analytischen Fehler zu stellen. Da die Bestimmung der absoluten N-Menge aus zwei O-Messungen hervorgeht, nämlich derjenigen, welche die Luft des O-Behälters und derjenigen, welche die Luft des Athmungsraums zu Ende des Versuchs besitzt, so ist die Bestimmung des N-Gehalts möglicherweise um das Doppelte des analytischen Fehlers zu hoch oder zu niedrig. Wir wollen den Fehler, welcher je bei einer Analyse begangen werden kann, zu ± 0.5% annehmen, ein Werth, der jedoch bei nur einigermassen sorgfältiger Arbeit niemals erreicht wird. Gesetzt aber, er sei so gross gewesen und er falle bei einer jeden der beiden Bestimmungen auf dieselbe Seite, so könnte die Fehlersumme bei den Dimensionen meines Apparates nicht über 5 CbC. steigen, sie könnte dagegen ebensowohl das positive als das negative Vorzeichen besitzen. Unter meinen Beobachtungen kommen 57 Fälle vor, in welchen das restirende N-Volum um 5 bis gegen 6 CbC. grösser oder kleiner ist als das ursprünglich vorhandene. Obwohl es unwahrscheinlich ist, dass sämmtliche bis zu 6 CbC. betragende Abweichungen den analytischen Fehlern zuzuschreiben sind, so wollen wir dennoch diese Annahme in Hinblick auf das Folgende machen. Geschieht dieses, so bleiben mir immer noch 26 Fälle übrig, in denen der N-Unterschied so gross ist, dass er auf keinen Fall auf die bis dahin versuchte Weise zu erklären ist. Wir hätten uns also noch nach andern Fehlern umzusehen.

Zu den Umständen, welche zu einem Verlust von N führen müssen, gehören Undichtigkeiten des Apparats, durch welche ein Luftantheil aus dem Athmungsraum zu entweichen vermag. Da statt der ausgetretenen stickstoffreichern eine an diesem Gas viel ärmere Luft aus der Sauerstoffkugel nachdringt, so muss hierdurch ein Verlust an N entstehen. Die Möglichkeit, dass ein solcher Fehler eintreten könne, lässt sich nicht bestreiten; denn wenn man auch vor Beginn des Versuchs alle übrigen Stücke auf ihren Verschluss prüfen kann, was ich selbstverständlich nie unterliess, so ist es doch unmöglich, den luftdichten Schluss der Schnauzenkappe zu garantiren. Stärkere Oeffnungen sind an diesem Ort allerdings leicht zu vermeiden, sehr feine Spalten dagegen könnten übersehen werden. Zur Beur-

theilung, ob ein N-Verlust aus dieser Quelle entstanden sei, kann, wie mir scheint, der Umstand dienen, ob in jeder der mehrfachen Beobachtungen, die zu einer Versuchsreihe gehören, die Abweichungen nach der negativen Seite hin fallen. Die Art des Versuchs bringt es nämlich mit sich, dass an einem Thier drei bis vier Beobachtungen hinter einander ausgeführt werden, bei welchen die Schnauzenkappe ihre Lage unverändert beibehält. Es ist demnach kein Grund einzusehen, warum in einer Reihe, deren einzelne Beobachtungen unter ganz gleichen Bedingungen ausgeführt werden, eine negative Stickstoffabweichung auf den mangelhaften Schluss der Kappe geschoben werden sollte, wenn in einer gleich darauf folgenden Beobachtung eine positive Abweichung des N eintrat. — Ausser dem Abwechseln positiver und negativer Abweichungen giebt auch noch die Zeitdauer des Versuchs einen Fingerzeig dafür ab, ob ein Entweichen von Gas aus dem Apparat stattgefunden, indem selbstverständlich durch diesen Vorgang die Versuchsdauer abgekürzt wird. Aus alle diesem folgt, dass man einen Verlust an N nur dann aus dem unvollkommenen Verschluss des Apparates ableiten könne, wenn sämmtliche zu einer Reihe gehörige Beobachtungen mit einer negativen Abweichung behaftet sind; der Verdacht wächst, wenn zugleich die Zeit, in welcher die O-Kugel ihren Inhalt in den Athmungsraum entleerte, eine ungewöhnlich kurze ist.

Als einen Umstand, durch welchen eine positive Abweichung von mehr als 6 CbC. erzeugt werden könnte, kann ich nur den einzigen bezeichnen, dass man es unterlassen habe, vor Beginn des Versuchs eine aus dem Gasometer genommene Luftprobe zu analysiren und an die Stelle der fehlenden die Analyse gesetzt habe, welche man einige Tage vorher an einer Probe ausgeführt hat. Aber auch dieser Fehler muss, wo er stattgefunden hat, in allen einzelnen Beobachtungen einer Versuchsreihe zu einem Ueberschuss an N führen.

Die 28 Beobachtungen, in welchen der N-Unterschied über 6 CbC. stieg, sind nun 20mal mit dem negativen und 8mal mit dem positiven Vorzeichen versehen. Von den erstern gehören 8 Beobachtungen (L_2 G, J_2) Reihen an, in welchen nur N-Verluste erscheinen und von den letztern gehören drei zu einer Reihe, in welcher nur N-Ueberschüsse erscheinen. Sondern wir diese als verdächtig ab, so bleiben noch zwölf grössere negative Abweichungen übrig (A. B_1. B_2.? S. L_1. M_1. M_2.

und F.) und fünf grössere positive Abweichungen (B_2. Q. R. J_1 und F.). Da ich mich vergebens nach irgend welcher Fehlerquelle umgesehen habe, aus welcher diese Abweichungen erklärt werden könnten, so bin ich der Meinung, dass sie nur in den physiologischen Bedingungen des Versuchs begründet sein können.

Solange jedoch noch mancherlei Zweifel gegen die Betheiligung des N an der physiologischen Gasbewegung bestehn, darf man den Fall nicht ausser Augen lassen, dass sämmtliche 28 Beobachtungen mit mehr als 6 Procent N-Abweichung auch auf einem Fehler beruhen möchten. Um die Bedeutung, die sie aus diesem Gesichtspunkte beanspruchen können, zu verdeutlichen, genüge die Angabe, dass in 24 der genannten Fälle die N-Abweichung nicht über 12 CbC. stieg.

Selbst hiernach würde sich die O-Bestimmung noch immer als sehr befriedigend erweisen, da in der Zeit, in welcher jene N-Abweichung zu Stande kam, über 400 CbC. verbraucht wurde. Weil aber eine N-Abweichung von 12 CbC. etwa einem O-Fehler von 3 CbC. entspricht, so würde sich der letztere in diesen nahezu ungünstigsten Fällen auf weniger als ein Procent des verbrauchten Sauerstoffs belaufen. — Nur in einer einzigen meiner Beobachtungen (B_2) kommt eine negative N-Abweichung von 37 CbC. vor, welche allerdings, wenn sie auf einem Fehler beruht, das Versuchsergebniss des O's merklich beeinflussen würde. In allen übrigen Fällen erscheinen demnach die Versuche auch angesichts der strengsten Prüfung vollkommen vertrauenswürdig, ja man kann sagen ungewöhnlich genau.

Die weitere Besprechung dessen, was sich aus meinen Versuchen für die respiratorische N-Bewegung etwa ergeben könnte, unterlasse ich; die Frage erscheint mir allerdings noch als eine offene, aber ihre schwierige Lösung kann unmöglich beiläufig gefunden werden.

Ueber die Athembewegung während des Respirationsversuchs. — In allen Beobachtungen, bei denen ich die Athmungsgase fing, habe ich die Athemzüge gezählt; meist dreimal in jedem Einzelversuche. Die hieraus gewonnenen Mittelwerthe setzen mich in den Stand, die folgenden Sätze aussprechen zu können.

Fast ausnahmslos wird die Athemfolge langsamer, wenn das mit der Schnauzenkappe versehene Thier von der Athmung

in freier Luft zu der im geschlossenen Raum übergeht. In letzterm Ort beträgt die Minutenfrequenz der Inspiration in der Regel zwischen fünfzig und sechzig, öfter steigt sie jedoch über hundert und erreichte als Maximalwerth hundert sechs und fünfzig; sie fiel jedoch als Minimalwerth auch bis auf dreissig; dieser niedrigste Werth kam nur bei geschwächten Thieren vor.

Da die Athembewegungen, indem sie seltener wurden, sich zugleich zu vertiefen pflegten, so wird man die Aenderungen in ihrer Folge abzuleiten haben von den Widerständen, welche der Apparat den Respirationsbewegungen entgegensetzt. Diese Widerstände sind allerdings klein, wie man aus den Stellungsänderungen des Manometers und noch mehr aus den Athembewegungen des Thieres selbst sehen kann, welche, wie oben bemerkt, zuweilen eine Zahl annehmen, die auch einem frei athmenden Thiere nur in den Zeiten hoher Aufregung eigen ist.

Wenn das Thier bis zu einer Stunde und länger in den Fang-Apparat respirirte, so verlangsamt sich gewöhnlich die Athemfolge mit der Dauer des Versuches. Die Art meiner Beobachtungen bringt es mit sich, dass dasselbe Thier 3- oder 4mal hinter einander je 17 bis 30 Minuten lang in den geschlossenen Raum athmen muss; wir werden desshalb die 1. 2. 3. u. s. w. Beobachtung eines Versuchstages unterscheiden müssen. Zwischen je zweien solcher Perioden liegt dann eine meist nicht über zehn Minuten betragende Zeit, in welcher das Thier in die freie Luft athmet. Die Zählungen der Athemzüge lehren nun, dass die mittlere Frequenz, welche ein Thier zeigt, meistentheils am grössten ist, während es zum ersten Mal in den geschlossenen Raum hinein athmet und dass mit jedem folgenden Male die Athemzahlen abnehmen. Diese Regel erleidet jedoch öfters Ausnahmen. Die Erfahrung, welche ich soeben mittheilte, führt ungesucht zu der Annahme, dass das Thier durch den Widerstand des Apparates und zwar um so mehr ermüdet werde, je länger es in ihn respirirt. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass nicht auch noch andere Erklärungsgründe für die mit der Zeit wachsende Verlangsamung der Athemfolge zu finden seien; dahin würde zum Beispiel der Umstand zählen, dass die Thiere allmählich abkühlen. Hiervon habe ich mich selbst wiederholt durch den Gang eines Thermometers überzeugt, der in den Mastdarm eingesetzt war; er zeigte

nach etwa 1½stündiger Beobachtung eine Temperaturabnahme von 1,5° bis 2° C. — Nicht minder muss das lange Verweilen im aufgebundenen Zustande beruhigend auf die Athembewegungen wirken, weil mancherlei reflectorische Erregungen wegfallen, die sonst als Athmungsreize wirksam sind. — Gesetzt aber, wir haben es auch mit Ermüdungen zu thun, so können dieselben keinesfalls hochgradig sein, da sich die Athembewegungen, wie wir sahen, immer noch aus inneren Gründen beschleunigen können, und weil selbst sanfte, reflectorisch wirkende Berührungen der Haut augenblicklich denselben Erfolg herbei führen.

Aus einer Vergleichung der Athemzüge, welche das Thier in der Minute ausführt, mit den Volumina an Sauerstoff und Kohlensäure, welche es zu derselben Zeit einnimmt und ausgiebt, lässt sich beweisen, dass die Thiere ihr Respirationsbedürfniss vollkommen zu decken vermögen durch den Modus der Athmung, welchen sie bei meinen Versuchen mit dem Fang-Apparat darboten.

Auch ohne eine Analyse der Blutgase, welche hier unausführbar ist, lässt sich nämlich für eine ganze Zahl von beobachteten Fällen beweisen, dass der Gasgehalt eines Blutes bei Beginn des Versuches annähernd gerade so gross gewesen sei, wie zu Ende desselben, oder dass umgekehrt das Blut reicher oder ärmer an Gasen geworden sei. Die Unterlagen, aus welchen diese Schlüsse hervorgehen, sind die Eigenschaften der Athembewegungen selbst und die absoluten Mengen von Sauerstoff und Kohlensäure, welche durch dieselben in der Zeiteinheit ausgetauscht werden.

So wird man beispielsweise mit Recht behaupten dürfen, es sei von einem zum andern Versuch der Kohlensäuregehalt im Blute eines Thieres gewachsen, wenn dieses Thier bei unveränderter Zahl der Athembewegungen und bei der gleichen Zusammensetzung der eingeathmeten Luft in einem ersten Versuche weniger Kohlensäure ausgeathmet hat, als in einem zweiten.

Um mittels des eben erörterten Princips Aufschluss über die Ventilationswirkungen der Athembewegung zu erhalten, habe ich die folgende Zusammenstellung entworfen. In dieselbe sind nur diejenigen meiner Beobachtungen aufgenommen worden, bei welchen die Luft, die am Schluss des Versuchs im

Athmungsraum vorhanden war, nicht weniger als 15 Procente Sauerstoff enthält. Die übrigen habe ich von der vorliegenden Zusammenstellung darum ausgeschlossen, weil man geneigt sein könnte zu behaupten, dass der unter fünfzehn Procent herabgehende Sauerstoffgehalt dyspnoetische Erscheinungen hervorzurufen im Stande sei.

Nummer des Versuchs		In der Minute			
		Zahl der Athemzüge	Aufgenommener O	Ausgeschiedene CO_2	Sauerstoffgehalt der Endluft
F	1	56	10.94	11.27	16.50
	2	56	15.02	16.83	21.38
	3	50	15.40	19.16	21.02
	4	47	11.57	17.48	19.77
G	1	90	13.88	12.74	17.57
	2	64	16.95	11.42	18.98
	3	58	17.08	15.19	19.14
	4	52	15.71	12.69	17.31
A	1	56	11.29	8.64	18.78
	2	48	13.86	9.17	19.20
	3	48	12.74	9.19	23.74
B'	1	52	13.38	10.58	18.03
	2	50	12.78	10.89	15.67
	3	49	12.13	9.35	16.81
B''	1	32	6.92	6.13	16.53
	2	32	8.18	7.42	16.88
	3	30	6.90	5.84	26.44
C	1	51	12.61	12.62	16.41
	2	55	12.32	12.07	15.53
Q'	1	64	11.56	5.31	18.27
	2	64	12.98	7.48	18.55
	3	48	11.15	8.88	19.10
	4	52	13.78	9.52	21.38
Q''	1	56	11.95	10.47	19.12
	2	52	13.94	10.86	18.88
	3	48	15.38	12.33	18.49
	4	48	11.28	10.81	20.28
J'	1	46	16.57	11.34	19.05
	2	48	17.70	19.25	16.01
	3	46	16.62	16.17	17.03
	4	40	16.78	11.24	18.98

Nummer des Versuchs.		In der Minute			
		Zahl der Athemzüge.	Aufgenommener O	Ausgeschiedene CO_2	Sauerstoffgehalt der Endluft
J″	1	50	20.26	18.75	19.44
	2	50	17.41	14.61	19.82
	3	46	21.02	13.97	18.21
	4	46	22.45	17.80	17.03
L′	1	66	12.67	12.50	19.65
	2	62	13.56	13.64	18.88
	3	56	14.94	14.50	16.54
	4	60	14.27	15.14	18.27
L″	1	52	11.79	12.22	20.08
	2	46	12.09	12.15	19.27
	3	55	14.32	15.71	20.75
	4	46	14.38	14.54	20.33
M	1	52	11.08	9.22	19.57
	2	52	13.28	9.03	20.59
	3	52	11.77	10.12	19.33
	4	58	13.66	12.94	18.22
N	1	156	11.94	10.03	17.09
	2	86	14.16	12.01	17.86
	3	76	16.57	13.53	18.17
	4	76	16.92	14.15	17.84
O	1	58	11.15	6.80	18.99
	2	50	11.05	7.71	20.39
	3	50	11.87	8.55	19.98
	4	44	12.57	8.91	18.15
P′	1	44	14.66	8.97	20.28
	2	34	14.72	9.68	20.18
	3	36	13.09	9.47	20.11
	4	32	12.99	9.90	19.87
P″	1	40	10.40	7.84	19.56
	2	32	11.84	8.13	18.26
	3	32	10.60	8.53	18.78
	4	32	10.41	8.20	18.73
R	1	120	8.58	7.06	16.42
	2	104	8.66	9.06	19.32
	3	88	8.31	8.13	19.31

Die Vergleichung der Werthe, welche hier in Betracht kommen, zeigt uns ein sehr verschiedenes Verhalten derselben.

In einer Anzahl von Fällen bemerken wir, dass wenn mit dem Fortschreiten der Zeit der Gasaustausch steigt oder fällt,

dieses auch mit der Häufigkeit der Athembewegung geschieht. Diese Beobachtungen passen, wie man sieht, zu der Annahme, dass der Gasgehalt des Blutes die Zahl der Athembewegungen und diese wiederum die Mengen der ausgetauschten Gase bestimmt.

Neben den eben geschilderten giebt es eine andere Anzahl von Fällen, in welchen mit der fortschreitenden Zeit die Häufigkeit der Athembewegungen sich vermindert, die Menge der ausgetauschten Gase dagegen sich vermehrt hat oder mindestens gleich geblieben ist. Um dieses Missverhältniss zwischen der Zahl der Athemzüge und der mit ihnen ausgetauschten Gase zu erklären, bleibt nur die Annahme übrig, dass der Gasgehalt des Blutes von den früheren zu den späteren Beobachtungen gewachsen sei. Um dann weiter begreiflich zu finden, dass trotz des an Sauerstoff ärmeren und an Kohlensäure reicheren Blutes, also trotz der lebhafteren Anregung zur Athembewegung diese letztere nicht häufiger geworden sei, muss man weiter annehmen, dass die Athemwerkzeuge mit der fortschreitenden Zeit mehr und mehr ermüdet seien. Die Unhaltbarkeit dieser Hypothesen ergiebt nun aber die weitere Durchsicht der Zahlen.

Bei dieser findet man nämlich auch Beobachtungen, bei welchen mit der fortschreitenden Zeit die Athemfrequenz steigt, und dessungeachtet die Menge der ausgetauschten Gase abnimmt. Diese zuletzt erwähnten Fälle lehren, dass der Grund, warum die Athemfrequenz im ruhig daliegenden Thiere steigt, keineswegs allein von einer Veränderung des Gasgehaltes in seinem Blute herrührt, denn sonst hätte die Zahl der Athemzüge sinken statt steigen müssen, um so mehr, wenn man der vorher ausgesprochenen Unterstellung huldigt, dass mit der wachsenden Versuchsdauer die Ermüdung des Brustkorbes zunimmt. — Rücksichtlich der Ventilation geht aus den zuletzt erwähnten Beobachtungen hervor, dass die seltenere Athmung dasselbe wie die häufigere geleistet hat, denn sonst müsste durch die raschere Athembewegung, welche auf die seltenere folgt, der Vorrath an Kohlensäure ausgeschieden, oder der Mangel an Sauerstoff ausgeglichen sein, welcher durch die früher mangelhafte Ventilation entstanden wäre.

Nicht weniger als die Vergleichung der verschiedenen Perioden desselben Versuchs spricht auch die vergleichende

Betrachtung verschiedener Thiere dafür, dass der Erfolg der Ventilation wesentlich unabhängig sei von der Zahl der Bewegungen, welche der Brustkorb in der Minute ausführt.

Unter den Rubriken, in welchen der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung aufgezählt werden, findet man bei verschiedenen Thieren sehr häufig dieselben Zahlen wieder; vergleicht man die Athemzahl, welche jedes einzelne der Thiere zu jener Zeit lieferte, so findet man, dass dieselben von sehr ungleicher Grösse sind. Dieses gilt nun eben sowohl für die kleinsten wie für die grössten Werthe des Gasaustausches, so dass sich demnach die Minima und Maxima desselben eben so oft bei rascher als bei langsamer Athemfolge finden.

Darnach scheint es mir vollkommen ungerechtfertigt, die Zahl der Athembewegungen als ein Merkzeichen für die Lebhaftigkeit der respiratorischen Gasbewegung auszugeben. In dieser Beziehung muss ich mich den Bemerkungen anschliessen, welche mein Vorgänger *Sanders Ezn* ausgesprochen hat.

Um unserer Ansicht eine weitere Stütze zu verschaffen, habe ich noch einen Versuch mit künstlicher Hemmung der Athemzüge angestellt. Die Dauer jedes einzelnen Versuchs betrug etwa 20 Minuten. — Hierbei ergaben sich folgende Werthe:

In der Minute			$\frac{CO_2}{O}$	O-Procent des Luftrestes
Athemzüge.	aufgenommen. O	ausgeschiedene CO_2		
84	13.40	8 27	0.61	17.46
36	13.80	8.75	0.63	18.04
64	14.16	12.58	0.88	17.49
28	15.05	11.17	0.74	20.21

Das Ergebniss dieses Versuches stimmt also augenfällig mit einem ähnlichen von *Sanders Ezn* überein und giebt uns die, auch von den soeben angestellten Betrachtungen unabhängige Ueberzeugung, dass eine selbst beträchtliche Aenderung in der Zahl der Athemzüge keine entsprechende in dem Gasaustausch hervorrief.

Die Bedeutungslosigkeit, welche ich mit *Sanders* und *Lossen**) den Zahlen der Athemzüge zuschreibe, verliert alles Auffällige, wenn man erwägt, dass bei meinen Versuchen die Tiefe der Athemzüge zunahm, wenn ihre Häufigkeit absank. Wenn es aber auch dieser Compensation nicht gelingen sollte, mit wenigen

*) Zeitschrift für Biologie II. 244.

tiefen Athemzügen so viel Luft durch die Lunge zu führen, als mit zahlreichen flachen Athemzügen, so wird fest zu halten sein, dass auch die Art der Ventilation in Betracht kommt. Mit derselben Luftmenge wird man sehr verschiedene Effecte erzielen können, je nachdem man sie zum Auswaschen eines weiten Raumes, oder zum Ausspülen eines zeitweise fast vollkommen leeren Raumes benutzt.

Gang der Versuche mit Einspritzung verbrennlicher Molecüle. Nach diesen einleitenden Bemerkungen schildere ich jetzt kurz den Gang derjenigen meiner Versuche, bei denen es sich um die Bestimmung der Athmungsprodukte handelte, bevor und nachdem ein verbrennliches Molecül in das Blut eingespritzt war. — Zur ersten Beobachtung je einer Reihe diente das unversehrte Thier; das Volum des verbrauchten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure, welches ich aus diesem Versuche für je eine Minute berechnete, galt mir als der Normalwerth, mit dem die entsprechenden der folgenden zu derselben Reihe gehörenden Beobachtungen verglichen wurden; war der Normalversuch beendet, so wurde durch passende Stellung des Hahns, der über der Schnauzenkappe liegt, die Lunge des Thieres mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gesetzt, alsdann ward eine Jugular-Vene aufgesucht, eröffnet und in diese die vorher genau abgewogene Menge des betreffenden Stoffes eingespritzt. Hiernach ward der Fang-Apparat durch Füllung der Kugel mit Sauerstoff und durch Einsetzung neuer schon vorher gespeister Absorptionsröhrchen wieder vorgerichtet. Da die Vorbereitung des Apparats nur wenige Minuten in Anspruch nimmt, so begann die zweite Beobachtung sehr kurze Zeit nach der Einführung des fremden Stoffes. Wenn diese vollendet war, so liess ich noch eine dritte, öfter auch noch eine vierte Beobachtung folgen. Auf diese Art habe ich der Reihe nach auf ihre respiratorischen Wirkungen geprüft: die Natronsalze der Capronsäure, der Essigsäure, der Ameisensäure, der Milchsäure, der Benzoesäure, den Traubenzucker und das Glycerin.

1. Das milchsaure Natron. Um genau die Menge von Milchsäure zu kennen, welche das Thier erhalten sollte, wog ich ein bestimmtes Gewicht gewöhnlicher Milchsäure ab, versetzte dieses mit etwa 2 CbC. Wasser und neutralisirte darauf mit kohlensaurem Natron. Die Resultate von vier Versuchen, die ich erhielt, giebt die folgende Tabelle.

Zusatz zum Blute.		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (−) und N-Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs.	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	Temperat. des Körpers	% Gehalt an O in d. Luft	Bemerkungen.
I. Ohne	1	29.23′	—	18	10.68	10.04	+ 8.6	0.94	0.010	37.6-36.5	18.48	Kan. D. Kpg. 1580 gr. 0.8 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
		—	24′	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Milchsäure	2	25.25′	—	42	12.45	12.01	+ 5.43	0.96	0.017	36.1-35.3	12.50	
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	27.16′	—	42	11.88	10.92	+ 2.22	0.95	0.007	35.3	18.93	
II. Ohne	1	30.08′	—	80	9.98	11.64	+ 7.57	1.16	0.025	—	11.36	Kan. E. Kpg. 1285 gr. 0.64 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Milchsäure	2	27.13	—	38	11.43	9.55	+ 13.89	0.83	0.044	—	13.16	
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	23.2′	—	47	13.93	15.32	+ 18.14	1.10	0.056	—	8.67	
III. Ohne	1	28.88′	—	56	10.94	11.27	+ 5.91	1.09	+ 0.18	—	16.50	Kan. F. Kpg. 1380 gr. 0.8 gr. Milchsäure in 2.5 CbC. Wasser.
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Milchsäure	2	19.88′	—	56	15.02	16.83	− 10.70	1.12	− 0.036	—	21.38	
		—	9′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	19.5′	—	50	15.40	19.16	− 9.64	1.24	− 0.8	—	21.02	
		—	12′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	20.88′	—	47	14.57	17.48	− 4.92	1.19	− 0.012	—	19.77	
IV. Ohne	1	21.66′	—	90	13.88	12.74	− 5.7	0.91	− 0.017	—	17.57	Kan. G. Kpg. 1530 gr. 0.8 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
		—	6′	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Milchsäure	2	17.5′	—	64	16.95	14.42	− 11.18	0.85	− 0.036	—	18.98	
		—	5′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	17	—	58	17.08	15.19	− 10.6	0.88	− 0.036	—	19.44	
		—	13′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	19	—	52	15.74	12.69	− 2.14	0.80	− 0.007	—	17.24	

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass nach der Injection von Milchsäure die O-Aufnahme jedesmal und die CO_2-Abgabe in der weitaus grössten Zahl der Fälle vermehrt worden war. Das Verhältniss, in welchem die Vermehrung stattgefunden, wird durch die folgende Zusammenstellung dargelegt. Die Zahlen derselben sind Quotienten, welche man erhält, wenn man das Minutenmittel des O-Verbrauchs oder CO_2-Gewinns vor der Injection der Milchsäure in die gleichnamigen Werthe nach der Injection dividirt.

Das Zeichen $\frac{OII}{OI}$ bedeutet, dass die im milchsäurefreien Zustande verbrauchte O-Menge (OI) in die erste der Beobachtungen (OII) nach Milchsäure-Injection dividirt sei; $\frac{OIII}{OI}$, dass die im milchsäurefreien Zustand des Blutes verbrauchte O-Menge in den O-Verbrauch während des zweiten Versuchs nach Milchsäure-Injection dividirt sei u. s. f.

Die entsprechende Bedeutung haben die Ausdrücke $\frac{CO_2 II}{CO_2 I}$ u. s. w.

	Quotienten des O-Verbrauchs		Quotienten der CO_2-Bildung		Bemerkungen
I.	$\frac{OII}{OI}$	1.16	$\frac{CO_2 II}{CO_2 I}$	1.20	Kaninchen D 0.3 gr. Milchsäure.
	$\frac{OIII}{OI}$	1.07	$\frac{CO_2 III}{CO_2 I}$	1.09	
II.	$\frac{OII}{OI}$	1.15	$\frac{CO_2 II}{CO_2 I}$	0.82	Kaninchen E 0.64 gr. Milchsäure.
	$\frac{OIII}{OI}$	1.40	$\frac{CO_2 III}{CO_2 I}$	1.31	
III.	$\frac{OII}{OI}$	1.37	$\frac{CO_2 II}{CO_2 I}$	1.49	Kaninchen F 0.8 gr. Milchsäure.
	$\frac{OIII}{OI}$	1.44	$\frac{CO_2 III}{CO_2 I}$	1.70	
	$\frac{OIV}{OI}$	1.33	$\frac{CO_2 IV}{CO_2 I}$	1.55	
IV.	$\frac{OII}{OI}$	1.22	$\frac{CO_2 II}{CO_2 I}$	1.13	Kaninchen G 0.8 gr. Milchsäure.
	$\frac{OIII}{OI}$	1.23	$\frac{CO_2 III}{CO_2 I}$	1.19	
	$\frac{OIV}{OI}$	1.13	$\frac{CO_2 IV}{CO_2 I}$	0.97	

Hieraus ergiebt sich als Mittelwerth aller Quotienten für

$O = 1.25 \qquad CO_2 = 1.25$

In Worten sagen also die Zahlen aus, dass nach der geschehenen Einspritzung von milchsaurem Natron der Sauerstoffverbrauch ausnahmslos und zwar meist sehr bedeutend gewachsen sei. Sehr ähnlich verhält es sich mit der Kohlensäure. Unter den zehn Beobachtungen findet sich jedoch auch eine, in welcher die Kohlensäureausscheidung nach der Injection geringer als vor derselben ausfiel. Dafür war in anderen Fällen die Kohlensäureausscheidung um so beträchtlicher, so dass die aus allen Versuchen abgeleitete mittlere Verhältnisszahl des vermehrten Sauerstoffverbrauchs gerade so gross wird, wie diejenige der vermehrten Kohlensäurebildung.

Obwohl die Zahl der mit milchsaurem Natron angestellten Versuche noch eine sehr geringe ist, so habe ich doch nicht unterlassen, noch einige Mittelwerthe aus ihnen zu berechnen. Nimmt man aus den vier Normalversuchen (vor Injection des milchsauren Natron) das Mittel von den Minutenwerthen des Sauerstoffs und der Kohlensäure; führt man dann dasselbe mit den zehn Beobachtungen aus, die nach Injection des milchsauren Natrons gewonnen sind (Milchsäureversuche) und bildet man endlich den Unterschied aus den gleichnamigen Werthen, so erhält man die folgenden Zahlen:

	Mittelwerth aus den Normalversuchen.	Mittelwerth aus den Milchsäureversuchen.	Unterschied der Mittelwerthe.
O	11.37.	14.39.	3.02.
CO_2	11.42.	14.36.	2.94.

Aus ihnen ergiebt sich, dass der Quotient $\frac{CO_2}{O}$ jedesmal der Einheit nahezu gleich kommt.

Da, wie seit *Regnault-Reiset* bekannt, in der Normalathmung der Grasfresser der genannte Quotient gleich 1 ist, vorausgesetzt, dass die verglichenen Werthe aus einer mindestens mehrere Stunden hindurch dauernden Beobachtung genommen sind, so kann dieser Theil unserer Zahlen nicht auffallend erscheinen. Anders verhält es sich mit dem Umstand, dass der Werth dieses Quotienten nicht geändert wurde, als sich in Folge der Einspritzung des milchsauren Natrons der Gasaustausch vermehrte.

Die Milchsäure gehört allerdings zu den Kohlehydraten, welche innerhalb des thierischen Körpers zu Kohlensäure und Wasser oxydirt werden, also kann durch ihre Verbrennung der Quotient der genannten Athemgase nicht geändert werden;

ausgehend von dieser Unterlage, könnte man annehmen, dass die in das Blut eingespritzte Milchsäure einer vollkommenen Verbrennung anheim gefallen sei und einen Beweis hierfür darin finden, dass nach der Einspritzung des milchsauren Salzes der Gasaustausch erhöht und zugleich der genannte Quotient derselbe geblieben sei. Um diese Erklärung in unserem Falle aufrecht erhalten zu können, müsste man aber noch mancherlei Unterstellungen machen; denn die Milchsäure ist nicht als solche, sondern in Verbindung mit Natron der Verbrennung anheim gegeben worden, also würde das Salz eine Asche aus kohlensaurem Natron hinterlassen. Wäre aber mit dem Natron auch nur 1 Atom Kohlensäure verbunden geblieben, so würde der Quotient aus den Zahlen des Ueberschusses (dem Unterschiede der Mittelwerthe aus den Milchsäure- und den Normalversuchen) nicht 1 sondern 0.84 betragen haben. — Demnach müsste, damit der Quotient 1 herauskommen kann, das Natron nicht als kohlensaures im Thiere zurückgeblieben sein. — Zahlreichere Versuche, als sie bis dahin vorliegen, müssen entscheiden, ob die eben abgeleitete Regel von allgemeiner Gültigkeit ist.

Die Zahlen auf pag. 169 führen noch zu einer andern augenfälligeren Beziehung, die zwischen der Menge der eingespritzten Milchsäure und der dadurch bedingten Erhöhung des Athmungsprozesses besteht. Um das Verhältniss beider Grössen ersichtlich zu machen, erscheint es am besten, das Mehr an Sauerstoffverbrauch und an Kohlensäuregewinn zu berechnen, welches während gleicher Zeiten in jedem der vier Versuche in Folge der Einspritzung von milchsaurem Natron zum Vorschein gekommen ist. Um diesen Werth zu erhalten, multiplicirt man das Minutenmittel des Sauerstoffs und der Kohlensäure, welches jeder einzelne Normalversuch gab, mit der Zeit (in Minuten ausgedrückt), während welcher der Versuch nach Einspritzung der Milchsäure andauerte. Diesen Werth, den man als den gesammten Normalwerth bezeichnen kann, betrachte ich als denjenigen, welchen das Thier in jener Versuchszeit geliefert haben würde, wenn kein milchsaures Salz zu seinem Blute gefügt worden wäre. Diesen gesammten Normalwerth zieht man nun von dem gesammten Milchsäurewerth des gleichnamigen Versuches ab. Diesen letzteren erhält man aber einfach dadurch, dass man die Volumina an Sauerstoff und

Kohlensäure addirt, welche in den Versuchszeiten nach Einspritzung des milchsauren Natrons durch die Lungenwand passirten.

Um diesen Gesammtüberschuss für die vier verschiedenen Versuche, welche sich auf ungleiche Zeiten erstrecken, vergleichbar zu machen, kann man sie auf gleiche Zeiten reduciren. Führt man diese Rechnung für den Sauerstoff durch, so gelangt man zu den folgenden Zahlen:

Nummer des Versuchs.	Wirkliche Dauer des Milchsäurevers.	Gesammter Sauerstoffübersch.	Sauerstoffübersch. auf 52 Min. ber.	Gewicht der eingespritzten Milchsäure.
I.	52 Minuten	53.15. Cc.	53.15.	0.30 Grm.
II.	52 ,,	90.85. ,,	90.85.	0.64 ,,
III.	60.5 ,,	244.14. ,,	209.96.	0.80 ,,
IV.	53.5 ,,	143.79. ,,	139.77.	0.80 ,,

Ganz ähnliche Werthe, wie sie soeben aus dem Sauerstoffüberschuss berechnet wurden, stellen sich auch für den Kohlensäureüberschuss heraus, wesshalb ich nicht für nöthig halte, sie noch besonders hier hin zu schreiben.

Aus der Vergleichung des durch die Milchsäure bedingten Sauerstoffs und Kohlensäureüberschusses einerseits und dem Gewicht der eingespritzten Milchsäure andererseits geht hervor, dass beide Grössen mit einander wachsen. Bei der Wichtigkeit, welche die Thatsache für die vorliegende Frage besitzt, dass der Athmungsprozess um so mehr über das bisher bestandene Maass erhöht wird, je grösser die Menge der Milchsäure war, mit der das Blut versetzt wurde, verfehle ich nicht, darauf hinzuweisen, dass nicht blos der Gesammtüberschuss, den jede der vier Reihen liefert, diese Regel bestätigt, sondern dass sie auch, soweit diess wenigstens den Sauerstoff angeht, in jeder einzelnen Beobachtung hervortritt.

Eine weitere aus den auf pag. 169 mitgetheilten Beobachtungen hervorgehende Thatsache besteht darin, dass sich der Zustand erhöheter Respirationsthätigkeit lange Zeit und zwar meist in nahezu ungeschwächtem Maasse erhält. In allen mitgetheilten vier Fällen war nach Beendigung der letzten Gasaufsammlung seit Einspritzung des Salzes mehr als eine Stunde verflossen und dennoch zeigte der Minutenwerth der Respirationsgase einen beträchtlichen Ueberschuss über denjenigen der Normalathmung.

Angesichts dieser Erfahrung ist die Frage gestattet, ob die

Menge der eingespritzten Milchsäure genügenden Stoff zu einer so lang dauernden Verbrennung habe liefern können. Um hier soweit es überhaupt möglich zu entscheiden, kann man so verfahren: 1 Gramm Milchsäure verbraucht 566,8 CbC. Sauerstoff bei 0° und 1 Mt. Hg. Druck zur vollkommnen Verbrennung; hiernach ist auch bekannt, wie viel Sauerstoff jede der in den einzelnen Versuchen eingespritzten Milchsäuremenge zur vollkommenen Oxydation bedarf. Mit diesem für jeden einzelnen Versuch berechneten Werthe hätte man dann die Volumina des Sauerstoffs zu vergleichen, welche jedes Thier während der ganzen Versuchszeit nach der Injection der Milchsäure mehr aufnahm als es voraussichtlich ohne diese letztere verzehrt haben würde. Bei dieser Berechnung sind natürlich auch die Pausen zu beachten, welche zwischen je zwei Beobachtungen liegen. Dieses Mehr an Sauerstoff könnte als dasjenige Quantum angesehen werden, welches die anderweiten im thierischen Körper ablaufenden Oxydationsprozesse der Milchsäureverbrennung übrig gelassen hätten. Eine ähnliche Rechnung kann man für die Kohlensäure ausführen.

Ich beschränke mich auf die Angabe der Sauerstoffrechnung.

Versuchs-Nummer.	Dauer des Milchsäure-versuchs sammt Pausen.	Summe des in dieser Zeit verzehrt. Sauerstoff-überschusses.	Das Gewicht an Milchsäure welches durch vorstehenden O verbrennbar ist.	Gewicht der eingespritzten Milchsäure.	Prozentsatz der hypothetisch verbrannten von der eingespritzten.
I.	62 Min.	70.25 CbC.	0.12 Gr.	0.30 Gr.	40 pro Cent
II.	60 »	159.48 »	0.28 »	0.64 »	43 » »
III.	82 »	130.40 »	0.57 »	0.80 »	71 » »
IV.	71.5 »	185.98 »	0.33 »	0.80 »	41 » »

Aus dem Vorstehenden lässt sich ersehen, dass die Steigerung des Athmungsprozesses, soweit sie überhaupt erkennbar ist, in keinem Falle zu einem Grade gediehen war, wie sie zu einer vollständigen Oxydation des gesammten Gewichts an eingespritzter Milchsäure nothwendig gewesen wäre. Dreimal führt die Rechnung übereinstimmend dazu, dass während der Beobachtungszeit etwas über 40 pro Cent der eingespritzten Milchsäure durch den verwendbaren Sauerstoff hätten verbrannt werden können, demnach wäre immer noch am Ende der Beobachtungszeit Milchsäure vorhanden gewesen, selbst wenn

indess ein nicht unbeträchtlicher Antheil des Eingespritzten in den Harn übergegangen wäre.

An diesen langsamen Verbrennungsvorgang der Milchsäure würde man noch weitere Betrachtungen knüpfen können und auch bereitwillig knüpfen, wenn uns nur die unumstössliche Gewissheit gegeben wäre, dass die erhöhte Respirationsthätigkeit, welche durch die Anwesenheit des milchsauren Natrons im Blute veranlasst wird, aus der Verbrennung jenes Salzes abgeleitet werden müsste. Hierfür giebt es allerdings vielfache Wahrscheinlichkeitsgründe. Vor allen die Erfahrung, dass die Milchsäure theils mit der Nahrung eingeführt, theils aber beim Lebensprozess selbst entstanden, häufig und reichlich in den thierischen Organen, aber nur selten und sparsam im Harne vorkommt; sie muss also innerhalb des lebendigen Körpers der Oxydation anheim fallen können. — Aber auch dafür, dass sie, unmittelbar in das Blut übergeführt, der Oxydation erliegen kann, scheint übereinstimmend das zu sprechen, was wir aus dieser Untersuchung erfahren haben; denn mit ihrem Eintritt in das Blut wächst der Austausch der Athemgase an und zwar um so beträchtlicher, je grösser das Gewicht der eingespritzten Säure war, und es dauert diese Steigerung des Gasverkehrs so lange fort, als sich überhaupt unser Stoff im Blute vorfindet. Will man endlich den Mittelzahlen der Ueberschusswerthe, welche ich für den Sauerstoff und die Kohlensäure ableitete, Vertrauen schenken, so würden sogar die Volumina des verbrauchten Sauerstoffs und die der dafür erschienenen Kohlensäure in einem solchen Verhältniss zu einander stehen, wie es bei einer totalen Verbrennung der Milchsäure zu erwarten wäre.

Aber alle diese Gründe geben nichts mehr als eine Wahrscheinlichkeit: denn ihr Fundament, der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung, welche von uns als die normale angesehen wurden, ist unsicher.

Als die einzige Zahl, durch welche wir die normale durch die Milchsäure noch nicht veränderte Athmung ausdrücken konnten, musste die gelten, welche das Thier geliefert hatte, bevor seinem Blute das Salz einverleibt war. Diese Zahl wurde nun betrachtet als der Werth, den die Athmung des Thieres eine Stunde und länger unverändert behauptet haben würde, vorausgesetzt, dass die Einspritzung von Milchsäure unterblieben wäre. In dieser letztern Voraussetzung liegt nun das gewagte,

denn es ist uns bekannt, dass die Minutenmittel des O's und der CO_2 nach ihren relativen wie nach ihren absoluten Werthen fortwährenden grossen Veränderungen ausgesetzt sind. — Diese Schwankungen spielen allerdings um einen Mittelwerth herum; aber 17 bis 30 Minuten genügen nicht, um den wahren Werth der Mittelzahl zu finden. Diess geht daraus hervor, dass gewöhnlich die Minutenmittel von einander abweichen, welche für dasselbe unter gleichen physiologischen Bedingungen stehende Thier aus zwei aufeinanderfolgenden und etwa je 20 Minuten dauernden Versuchen abgeleitet sind.

Um unter diesen Umständen den von mir angestrebten Ableitungen einen höhern Grad von Wahrscheinlichkeit zu verschaffen, habe ich desshalb, wo es anging, mit dem Gesammtmittel aus den 4 der Beobachtung unterworfenen Thieren operirt, was mir darum erlaubt schien, weil die Thiere, als sie in den Versuch eingeführt wurden, sich längere Zeit unter sehr annähernd gleichen Verhältnissen befunden hatten. Ob hiermit das angestrebte Ziel erreicht und ob demgemäss die abgeleiteten Resultate von allgemeinem Werthe sind, muss eine ausgedehntere Versuchsreihe lehren.

Wie weit man aber auch den Zweifel ausdehnen möge, ein Ergebniss meiner Versuche erscheint mir unanfechtbar, dass nämlich das im Blute anwesende milchsaure Natron die Bildung der Kohlensäure und den Verbrauch von Sauerstoff vermehrt hat. Hierfür spricht das mit den gewöhnlichen Schwankungen unvereinbare plötzliche Ansteigen des Gasaustausches, das jedesmal unmittelbar auf die Einspritzung des milchsauren Salzes folgt, und nicht minder, dass während der ganzen Beobachtungszeit stundenlang und länger der gesteigerte Athmungsprozess sich über seiner früheren Höhe erhält.

Wenn wir nun demgemäss schliessen, es sei die Athmung durch das im Blute vorhandene milchsaure Natron gesteigert worden, so geht doch andererseits aus meinen Versuchen keineswegs mit Nothwendigkeit der Schluss hervor, dass die beobachtete Vermehrung des Gasaustausches die einfache Folge von einer Verbrennung der Milchsäure gewesen wäre. Zahlreiche andere, hier nicht weiter zu erörternde Vorgänge lassen sich denken, durch welche das milchsaure Natron auch ohne direct zu verbrennen den Athmungsprozess gesteigert habe. Der einzige directe Beweis, aus welchem auf eine Verbrennung

des eingespritzten Stoffes innerhalb des Thieres selbst geschlossen werden müsste, der nämlich, dass sich in Folge der erhöhten Athmung die Menge des milchsauren Natrons in einer dem aufgenommenen Sauerstoff entsprechenden Weise vermindert habe, lässt sich aus bekannten Gründen nicht führen. Da nun aber doch in dem Nachweis der Milchsäureverbrennung der Schwerpunkt der Versuchsreihe liegt, so musste ich in Ermangelung des geraden, den indirecten Weg betreten.*)

Zunächst erschien es mir als ein wesentlicher Fortschritt für unsere Frage, wenn es gelingen sollte festzustellen, dass unser Salz nicht etwa dadurch die Athmung belebt habe, dass es den Absorptionscoëfficienten des Blutes für Sauerstoff erhob, oder dadurch, dass es die Stromgeschwindigkeit durch Minderung der Reibung mehrte u. s. f.

Als eine Methode, wodurch man im Stande ist diese und ähnliche Erklärungsarten auszuschliessen, trat mir die künstliche Leitung des Blutes durch überlebende Organe entgegen.

Des bequemen Blutstroms wegen wählte ich als das zu durchströmende Organ die Niere des Hundes. Von demselben Thiere, welches die Niere hergegeben hatte, wurde auch das Blut genommen.

Das abgelassene, defibrinirte Blut ward in zwei Flaschen vertheilt, in einer derselben blieb es rein, in der andern ward ihm milchsaures Natron zugesetzt. Aus den Flaschen geschah die Durchleitung mit alle den Vorsichten, welche in diesen Berichten wiederholt besprochen sind.

*) Um naheliegenden Einwänden zu begegnen, diene die Bemerkung, dass ich den Harn der Thiere nicht unbeachtet gelassen habe. Ich habe denselben in der besondern Absicht untersucht, ob einige Stunden nach Einspritzung des milchsauren Natrons kohlensaures Natron in ihm zu finden sei. Um sicher zu gehen, dass das etwa vorhandene kohlensaure Salz nicht von einem Bestandtheil der Nahrung herrührte, verwendete ich zu meinen hier einschlagenden Experimenten nur solche Kaninchen, welche wenigstens 15 Stunden vor der Einspritzung gehungert hatten. Auf diese Weise behandelt liefern die Kaninchen in der Regel einen sauren Harn; so fand ich ihn auch in meinen Versuchsthieren, aber diess geschah ebensowohl vor wie anderthalb bis 2 Stunden nach der Einspritzung. Die Menge des Harns, welche ich von den mit milchsaurem Natron versetzten Thieren erhielt, war zu gering, um weitere Beobachtungen mit ihnen anstellen zu können.

Aus mehrfachen Gründen erscheint es wünschenswerth, den Versuch am Hund wieder aufzunehmen.

Ausser der Prüfung des chemischen Vorgangs durch die Athmungsgase hätte diese Durchleitung durch die Niere vielleicht auch noch andere Versuchswege möglich gemacht; ich habe sie jedoch nicht zu betreten versucht, sondern mich an das Studium der Respirationsgase gehalten. Freilich geschah dieses von vorne herein nicht ohne Besorgniss. Denn es liess sich erwarten, dass in einem so saftreichen, aus verschiedenen Formen und Stoffen zusammengebauten Organ, wie es die Niere ist, der Athmungsprozess nicht so glatt ablaufen werde. — Hiervon überzeugte mich dann auch ein Vorversuch, welchen ich in der Note mittheile.*) Danach beruht eine der Bedingungen des glücklichen Ausfalls dieser Versuche auf dem zufälligen Ereigniss, dass man Nieren findet, welche an und für sich einen gleichmässigen Gang ihrer Athmung zeigen.

Bevor ich nun die Resultate meiner Beobachtungen mittheile, werde ich erst den Zustand schildern, in welchen die Niere durch die Blutleitung kam. Die Nierengefässe waren so vollständig eingebunden, dass das in die Arterie geführte Blut, einige wenige Tröpfchen abgerechnet, sämmtlich wieder aus der Vene zurückkam. Der Blutstrom zeigte auch hier die Eigenthümlichkeit, dass mit der Dauer seine Widerstände wuchsen, man musste also, wenn man in mehreren auf einander folgenden Durchleitungen die gleiche Geschwindigkeit erzielen wollte, den Stromdruck steigern. Dieser anwachsende Druck ist nun aber für die Niere kein gleichgültiges Ereigniss, indem durch denselben eine Filtration von Blutflüssigkeit in das Nierengewebe eingeleitet wird, die eine sichtliche Anschwellung des ganzen Organs herbeiführt. Es lässt sich erwarten, dass mit der Filtration auch die Athmungsvorgänge in der Niere sich ändern. Um dieses nach Kräften zu vermeiden, habe ich den

*) Durchleitung von reinem defibrinirten Blut bei Zimmertemperatur durch die Niere. Blut und Niere von demselben Thier. Die Niere behielt ihre Lebenseigenschaften. Das Gas ist bei 0°C. und 1 Mtr. Hg.-Druck gemessen:

Blut	In der Minute Verbrauchter O	Gewonnene CO_2
1.3 CbC.	0.125 Cb.	0.064
1.3 »	0.169 »	0.091
1.3 »	0.160 »	0.128

Versuch mit einem niedrigen Druck begonnen. Zu Ende der mehrere Stunden hindurch dauernden, bei Zimmertemperatur vorgenommenen Durchleitung war die Niere noch mit allen Lebenseigenschaften begabt: electrische Reizungen machten die Niere erblassen und veranlassten im Ureter kräftige Zusammenziehungen. Aus den geöffneten Lymphgefässen floss eine klare Flüssigkeit ab, Harn ward dagegen niemals gebildet.

Die Thatsachen, welche ich rücksichtlich der Athmung an zwei Nieren erhalten habe, stelle ich in der gewöhnlichen Weise zusammen. Ich hoffe, dass bei einer sorgsamen Berücksichtigung der Ueberschriften die Bedeutung der in die Tabelle aufgenommenen Zahlen auch ohne weitere Erklärung ersichtlich sein wird.

Blutart	Stromdruck in MM. Hg.	Prozentischer Gehalt an		In der Minute aus der Niere			
		O	CO_2	Blut	O	CO_2	
Rein. Blut nach dem Auffangen.	—	15.95	20.51	—	—	—	
Reines Blut beim Schluss des Versuchs.	—	13.98	21.73	—	—	—	
Blut mit milchsaurem Natron versetzt, frisch.	—	15.93	20.68	—	—	—	
Dasselbe Blut zum Schluss des Versuchs.	—	14.28	21.68	—	—	—	
Durch die Niere.							
Reines Blut.	52 MM.	5.05	25.74	0.98 Cc.	0.107	0.051	
Blut mit milchsaurem Natron.	54 »	2.98	28.26	1.03 »	0.134	0.078	
Blut mit milchsaurem Natron.	54 »	3.17	28.10	1.22 »	0.136	0.078	
Reines Blut.	56 »	3.71	28.98	1.08 »	0.111	0.078	
Rein. Blut nach dem Auffangen.	—	13.23	18.13	—	—	—	Die Blutportion, welcher das milchs. Natron zuges. und worunter Luftzutritt geschüttelt worden, woraus sich der Unterschied ihres Gasgeh. vom frischen Blute erklärt.
Blut mit milchsaurem Natron versetzt, frisch.	—	16.74	17.34	—	—	—	
Durch die Niere.							
Reines Blut.	35 »	7.73	21.20	1.43 »	0.079	0.044	
Blut mit milchsaurem Natron.	48 »	8.59	24.51	1.30 »	0.106	0.094	
Blut mit milchsaurem Natron.	46 »	6.07	25.75	1.44 »	0.154	0.121	
Reines Blut.	59 »	6.55	23.40	1.28 »	0.084	0.067	

Von den Folgerungen, zu welchen diese Zahlen führen, hebe ich zuerst die hervor, dass ein Zusatz von milchsaurem Natron zu dem aus der Ader gelassenen Blute in dem Gasgehalt dieses letzteren keine Veränderung veranlasst. Von dieser Unwirksamkeit unseres Salzes überzeugte uns die Vergleichung der 4 Zahlenreihen, mit welchen die 1. Versuchsreihe beginnt. Diese stellen den Sauerstoff und Kohlensäuregehalt des reinen und des mit milchsaurem Natron versetzten Blutes dar, welche unmittelbar bei Beginn des Versuches vorkamen, und ferner die gleichnamigen, welche sich vorfanden, nachdem beide Blutsorten, so lange als der Durchleitungsversuch dauerte, bei der Zimmertemperatur verweilt hatten. Beide Blutsorten haben eine Einbusse an Sauerstoff und einen Zuwachs an Kohlensäure erlitten, der in beiden Fällen sehr annähernd derselbe ist. Somit erscheint es gerechtfertigt, wenn man dem milchsauren Natron die Befähigung abspricht, sich an den gewöhnlichen im abgelassenen Blute immer vorkommenden langsamen Umsetzungen specifisch zu betheiligen.

Augenblicklich tritt aber ein Einfluss des milchsauren Natrons auf die Gasumwandlung im Blute hervor, wenn man das letztere durch die Gefässe der Niere hindurch leitet. Um die Art und Grösse der Wirkung zu erkennen, bitte ich die Zahlen zu beachten, welche im 5. 6. und 7. Stabe der vorstehenden Tabelle stehen. Aus ihnen erkennt man, dass der absolute Sauerstoffverlust, welchen das Blut in der Minute erleidet, während des ersten Versuchs in dem Verhältniss von 100: 125 und 127, während des zweiten aber im Verhältniss von 100: 134 und 195 anstieg, als, statt des reinen, milchsäurehaltiges Blut die Niere durchsetzte. Dieser beträchtlich vermehrte Sauerstoffverbrauch kehrte sehr nahe zu seinem ersten geringeren Werthe wieder zurück, als nun umgekehrt reines Blut statt des milchsäurehaltenden zugeführt wurde.

Diese an den beiden Nieren ausgeführten Versuche lassen demnach keinen Zweifel darüber, dass es nur die Anwesenheit des milchsauren Natrons ist, welche den grössern Sauerstoffverbrauch bedingt.

Aehnliches wie die Zahlen des Sauerstoffes bieten die der Kohlensäure. Die Uebereinstimmung ist in sofern vollständig, als mit dem Eintritt des milchsäureführenden Blutes augenblicklich die Kohlensäurebildung zunimmt. Das Verhalten des

letzteren Prozesses weicht von dem, durch welchen der Sauerstoff verschwindet, jedoch in sofern ab, als nach dem Wiederersatz des milchsäurehaltenden Blutes durch reines die Kohlensäurebildung noch merklich höher bleibt, als sie es vor der ersten Einführung des Milchsäure-Blutes gewesen war. Da sich diese Nachwirkung der Milchsäure in beiden Fällen nicht in gleicher Weise ausprägt, so müssen erst weitere Untersuchungen entscheiden, ob wir es hier mit einer constanten Erscheinung zu thun haben.

Bei der grössern Einfachheit in den Bedingungen unseres gegenwärtigen Versuches werden wir es uns vielleicht eher erlauben dürfen, den Athmungsvorgang, welcher bei der Anwesenheit des milchsauren Natrons stattfindet, als die Summe zweier anderer ansehen zu dürfen, nämlich des normalen, welchen das Blut ohne die Anwesenheit des milchsauren Natrons erfahren hätte und des eines zweiten, der durch die Einführung des genannten Salzes bedingt ist.

Um die Werthe, welche diesem letztern Vorgang angehören, rein zu erhalten, verfahren wir auch hier wie wir es früher thaten, wir ziehen nämlich die Grösse des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäurebildung, welche bei der Durchleitung des reinen Blutes bestanden, von denjenigen ab, welche während der Durchführung des milchsäurehaltenden Blutes gewonnen wurden. Führt man dieses aus und bildet aus dem Sauerstoff und der Kohlensäure des zur Milchsäure gehörenden Antheils der Athmung den Quotienten $\frac{CO_2}{O}$, so bemerkt man, dass dasselbe dreimal unter den vier Fällen der Einheit gleich ist.

Aus den Versuchen mit Durchleitung des Blutes durch die Nieren geht nun allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Ursache, warum die Milchsäure in dem strömenden Blute die Athmung belebt, in der Verbrennung derselben zu suchen sei; denn einmal empfiehlt sich die Annahme als die einfachste, nachdem alle andere Hypothesen beseitigt sind, die nicht auf den directen Antheil irgend welcher chemischen Wirkung hinweisen, und dann tritt das Verhalten des Quotienten des $\frac{CO_2}{O}$ geradezu bestätigend für die gemachte Annahme ein. Ich würde demnach die Verbrennung der Milchsäure als sichergestellt ansehen, wenn die Zahl der Versuche, auf die sich meine Folgerungen stützen, schon jetzt eine grössere wäre.

2. Traubenzucker. Ich wende mich nun zur Darstellung der Versuche, welche ich mit Traubenzucker angestellt habe. In der folgenden tabellarischen Zusammenstellung sind die Resultate niedergelegt, welche ich an den Athmungsprodukten der lebenden Thiere erhielt, bevor und nachdem ich in das Blut derselben den Traubenzucker eingespritzt hatte.

Zusatz zum Blute		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Vers.	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	Temperat. des Körpers	% Gehalt an O in der Luft	Bemerkungen
I. Ohne	1	20′	—	56	14.29	8.64	— 1.59	0.60	0.005	—	18.78	Kaninch. A. Kpg. 1880 gr. 0.8 gr. Zucker.
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Traub.-zucker	2	21.25′	—	48	13.86	9.17	— 3.15	0.67	0.014	—	19.2	
		—	15′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	21′	—	48	12.74	9.19	— 7.50	0.72	0.028	—	23.74	
II. Ohne	1	22.5′	—	52	13.38	10.58	— 9.05	0.79	0.089	38.3 38.2 38.0	18.03	Kaninch. B. Kpg. 1372 gr. 0.8 gr. Zucker.
Mit Traub.-zucker	2	23.93	—	50.4	12.78	10.39	— 0.37	0.81	0.004	37.7-37.4	15.67	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	24.93	—	49.2	12.14	9.35	— 4.72	0.77	0.015	37.3-37.2	16.84	
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	23.73′	—	46.0	13.34	10.60	+ 6.44	0.79	0.020	37.2	18.78	
III. Ohne	1	40.2′	—	32	6.92	6.43	— 1.88	0.92	0.006	32.4	16.53	Kaninch. B. Kpg. 940 gr. 2 gr. Zuck. Sieben Tage lang vor dem Versuch m. Eiern gefüttert.
		—	15′	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Traub.-zucker	2	36.75′	—	32	8.18	7.42	— 3.26	0.90	0.014	33.9-34.1 34.0	16.88	
		—	18′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	38.66	—	30	6.90	5.54	— 37.86	0.80	0.141	33.0	26.44	
IV. Ohne	1	23.73′	—	51.2	12.61	12.62	— 3.9	1.00	0.013	37.8-37.5	16.41	Kaninch. C. Kpg. 1700 gr. 2 gr. Zucker.
		—	18′	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Traub.-zucker	2	24.75′	—	55	12.32	12.07	+ 1.32	0.98	0.004	37.2-36.9	15.58	
		—	13′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	24.48	—	44	12.41	12.21	+ 4.09	0.98	0.018	36.9	14.52	

Fortsetzung der Tabelle von voriger Seite.

Zusatz zum Blute		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	Temperat. des Körpers	% Gehalt an O in der Luft	Bemerkungen
V. Ohne	1	25.8	—	64	14.56	5.31	+ 1.28	0.46	0.004	—	18.27	Kan. Q.
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	1.2 gr. Zucker in
Mit Traub.-zucker	2	23.7	—	64	12.98	7.48	— 0.06	0.57	0.0001	—	18.55	3 Cc. Wasser.
		—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	21.5	—	48	14.15	8.88	— 1.67	0.62	0.005	—	19.10	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	21.5	—	52	13.78	9.52	+ 12.43	0.69	0.03	—	21.38	
VI. Ohne	1	21.26	—	56	14.95	10.47	— 1.37	0.72	0.004	—	19.12	Kan. Q. 1750 gr.
		—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	Kpg. 0.8 gr. Zucker
Mit Traub.-zucker	2	22.0	—	52	13.94	10.86	— 1.20	0.78	0.008	—	18.88	in 3 Cc. Wasser.
		—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	20.0	—	48	15.88	12.33	+ 0.34	0.80	0.001	—	18.49	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	21	—	48	14.28	10.81	— 5.09	0.75	0.01	—	20.23	

Die in dem 5. und 6. Stabe eingeschriebenen Zahlen, welche die Minutenwerthe des O und der CO_2 wiedergeben, bieten ein wesentlich anderes Bild, als das entsprechende nach der Injection von milchsaurem Natron. Während sich dort nach der

Injection die Athmung ausnahmslos lebhafter gestaltete, zeigt sich jetzt in 15 Beobachtungen, dass der Gasaustausch nach dem Einbringen des Zuckers in einigen Fällen gleich, in anderen etwas grösser, in noch anderen geringer als vor der Injection ist. Zieht man aus allen Bestimmungen des Sauerstoffs und der Kohlensäure vor und nach der Injection das Mittel, so stellt sich dieses folgendermassen:

Minutenmittel des O { vor Injection (6 Best.) 12.28. / nach Zuckerinjection (15 Best.) 12.67.

Minutenmittel der CO_2 { vor Injection (6 Best.) 9.01. / nach Zuckerinjection (15 Best.) 9.72.

Die Zahlen aus den Normal- und Zuckerbeobachtungen sind also nahezu dieselben. Daraus darf geschlossen werden, dass die Lebhaftigkeit der Athmung nicht erhöht wird durch die Anwesenheit des Zuckers im Blute; und hieran lehnt sich sogleich der weitere Zusatz an, dass wir keinen Grund zu der Annahme haben, es könne der Zucker als solcher, wenn er dem Blute einverleibt wird, den oxydirenden Vorgängen innerhalb der Gefässe verfallen. — Erwägt man ausserdem, dass die Dauer der Beobachtung sich in den vorliegenden Versuchen jedesmal auf mehr als eine Stunde erstreckt, so liegt der Annahme nichts im Wege, dass der Zucker Zeit gehabt habe, aus dem Blute in die Gewebe zu diffundiren. Würde er dort, wie man anzunehmen pflegt, sehr rasch zerlegt und damit der Oxydation zugängig, so hätte man erwarten können, dass die Athmung in den spätern Stadien des Versuchs lebhafter geworden sei. Aber auch hiervon zeigt sich keine Spur.

Ich kann nicht leugnen, dass mich dieses Ergebniss überraschte, da ich bisher mit der allgemein verbreiteten Meinung geglaubt hatte: es gehöre der Zucker zu denjenigen Bestandtheilen des Organismus, welche an allen Orten desselben vorzugsweise leicht zerstört werden. Sieht man sich nun unter Berücksichtigung meiner Erfahrung die Thatsachen an, welche diese Annahme unterstützen sollen, so ergiebt sich allerdings bald die Unhaltbarkeit derselben.

Ein grosser Theil unserer Nahrung besteht aus Zucker; aus andern ursprünglich zuckerfreien Bestandtheilen unserer Speisen kann der Organismus Zucker entstehen lassen; von allem diesem Zucker erscheint in der Regel nichts in unsern Exkreten, also muss er massenweise, wie er gekommen, auch zerstört worden

sein. Dieser Satz ist unzweifelhaft richtig, aber er schliesst die Folgerung nicht aus, dass der Zucker nur in ganz bestimmten Zersetzungsheerden wie z. B. im Darmkanal in Kohlensäure und Wasser umzuwandeln sei. Andrerseits spricht für die Beschränkung der zuckerzerstörenden Wirksamkeit des Organismus geradezu manches, so z. B. die bekannte Thatsache, dass der Zucker, welcher in das Blut des Säugethiers gelangt ist, so rasch und in so grossen Mengen in den Harn übergeht: würde er in dem Blute zerlegt, so könnte er im Harn nicht erscheinen. Allerdings haben sich mehrere Autoren dafür ausgesprochen, dass der Zucker auch innerhalb des lebendigen Blutstroms zerstört werde, so z. B. früher *Pavy.**) Aber vergebens sieht man sich in den neueren Schriften dieses Arztes nach einer Wiederholung seiner früheren Angaben um, so dass der Anschein entsteht, als ob er selbst keinen Werth mehr auf seine früheren Mittheilungen lege. — *Ph. Falk* und *Limpert***) haben gefunden, dass von dem Traubenzucker, welchen sie in das Blut spritzten, nur eine beschränkte Menge im Harn erschien, und dass auch dieses nur dann geschieht, wenn der Zuckergehalt des Blutes schon auf einen nicht unbedeutenden Grad gestiegen ist. Gegen die Nothwendigkeit der zuletzt genannten Bedingung sprechen zahlreiche neue Erfahrungen, wonach bei einem selbst so geringen Zuckergehalt des Blutes wie ihn z. B. eine reichliche Mahlzeit hervorruft, schon ein zuckerhaltiger Harn entstehen soll. Nehmen wir aber die Richtigkeit beider Behauptungen von *Falk* und *Limpert* an, der bestrittenen und der nicht bestrittenen, so würde daraus immer noch nicht folgen, dass der Antheil des Zuckers, welcher aus dem Blute nicht in den Harn gelangt, dort auch in Kohlensäure und Wasser zerlegt werden müsste. Warum sollte der Zucker nicht noch leichter durch andere Blutgefässe hindurch dringen, als durch die der Niere?

Gegen die überall gleich leichte Zerstörbarkeit des Zuckers spricht auch sein Verhalten in der Leber, aus der er leicht als solcher ausgeführt wird, wenn er daselbst entstanden war. — Nicht weniger wahrscheinlich ist es, dass der Zucker der Muskeln erst in Milchsäure umgewandelt werden muss, bevor er der vollständigen Oxydation anheim fallen kann.

*) *Schmidts* Jahrbücher, 90. Bd.

**) *Virchows* Archiv, 9. Bd.

Aus einer Ueberschlagung aller dieser Erfahrungen geht zum mindesten hervor, dass wir keine Veranlassung zu der Annahme haben, es werde innerhalb des lebendigen Blutstromes selbst die vollständige Zerlegung des Zuckers herbei geführt.

Bei der wichtigen Rolle, welche der Zucker im thierischen Körper spielt, und bei der theoretischen Bedeutung, welche der Art seiner Umsetzung durch den Lebensprozess zugeschrieben werden muss, hielt ich es für der Mühe werth, den Erscheinungen noch weiter nach zu geben. Zu dem Ende liess ich auch den Zucker, ähnlich wie das milchsaure Natron, in einem künstlichen Blutstrom durch die Niere wandern, dabei erhielt ich die folgenden, zum Theil schwer zu deutenden Ergebnisse.

Bei dem Beginn dieser Beobachtungsreihe ging ich von der Voraussetzung aus, dass das defibrinirte arterielle Blut gegen Traubenzucker vollkommen indifferent sei. So hatte es sich *Hoppe-Seyler* *) in der That gezeigt, als dieser die oxydirende Wirkung des Blutes auf Traubenzucker geprüft hatte. Dem entsprechend erschien es mir unverfänglich so vor zu gehen, dass ich zwei verschiedene Portionen desselben Blutes über Quecksilber in zwei verschiedene Flaschen auffing und zu einer Portion einige Gramm Traubenzucker setzte, alles dieses in der Absicht, um nach Belieben bald zuckerhaltiges und bald zuckerfreies Blut durch die ausgeschnittene Niere führen zu können. Der grösseren Sicherheit wegen entnahm ich jedoch aus jeder der beiden Flaschen eine Probe, unmittelbar nachdem das Blut und der Zucker eingefüllt waren, und dasselbe that ich wiederum, nachdem die Flaschen bei gewöhnlicher Zimmertemperatur fünf und eine halbe Stunde (— so lange dauerte die Durchleitung —) gestanden hatten. Sämmtliche vier Proben wurden ausgepumpt und das gewonnene Gas analysirt.

100 Theile des Blutes enthielten:

Reines Blut	im Beginn	O = 16.24	CO_2 = 23.71	N = 1.90,
	nach $5^1/_2$ Stunde	O = 16.33	CO_2 = 23.69	N = 1.90,
Zuckerhaltiges Blut	im Beginn	O = 16.35	CO_2 = 23.72	N = 1.13,
	nach $5^1/_2$ Stunde	O = 12.90	CO_2 = 27.59	N = 1.34.

Danach hatte sich also beim Aufenthalt in gewöhnlicher Zimmertemperatur der Gasgehalt des reinen Blutes nicht geändert,

*) Medicinisch chemische Untersuchungen, I. Heft, 136.

während im zuckerhaltigen Blute der O-Gehalt um 3.25% ab-, der CO_2-Gehalt dagegen um 3.85% zugenommen hatte.

Ich lasse unentschieden, wie man diese Erfahrung deuten soll; mir drängte sie für die zukünftigen Versuche die Vorsicht auf, dass ich den Zucker erst in dem Augenblicke zu dem Blute setzte, in welchem ich die Durchleitung der betreffenden Portion vornehmen wollte.

Nachdem ich dies vorausgeschickt, wende ich mich zur Anführung der Resultate von vier Versuchen mit künstlicher Leitung durch die ausgeschnittene Niere; hierbei beschränke ich mich, um die Zahlen nicht allzusehr zu häufen, auf die Anführung der Minutenmittel und bemerke nur noch zu der nachstehenden Tabelle, dass wenn vom Strom reinen Blutes zu einem solchen mit Zuckerblut oder umgekehrt übergegangen wurde, jedesmal erst die Niere durch die Blutart längere Zeit hindurch ausgewaschen wurde, welche gerade aufgefangen werden sollte, so dass z. B. wenn das Auffangen des Zuckerbluts beendet war und dann zum reinen Blute übergegangen werden sollte, erst 10 bis 20 CC. reinen Bluts durch die Niere geführt und weggelassen wurden, bevor das Auffangen dieser Blutart aus der Vene begann.

Blutart durch die Niere	In der Minute an CbC.		
	Blut-volum	Ver-braucht. O	Gebildete CO_2
Normalblut	1.54	0.077	0.085
Zuckerblut	1.54	0.094	0.084
Normalblut	1.58	0.125	0.089
Zuckerblut	1.58	0.065	0.060
Normalblut	0.94	0.052	0.042
Zuckerblut	1.00	0.073	0.072
Zuckerblut	0.92	0.069	0.050
Normalblut	0.74	0.051	0.054
Normalblut	0.53	0.036	0.036
Normalblut	2.0	0.162	0.163
Zuckerblut	1.97	0.183	0.120
Normalblut	1.97	0.214	0.174
Normalblut	1.82	0.198	0.168
Normalblut	1.5	0.140	0.057
Zuckerblut	1.5	0.204	0.101
Normalblut	1.5	0.147	0.145

Die Erscheinungen, welche die Beobachtung zu Tage gefördert hat, sind sehr verwickelt und nach allen Richtungen hin einander widersprechend. So geht z. B. aus der Vergleichung der Zahlen für die Kohlensäure und den Sauerstoff hervor, dass die beiden Gasarten durchaus ungleichmässig an dem Respirations-Prozess betheiligt waren. Aus der Betrachtung der Sauerstoffcurve sollte man z. B. aus Versuch 2 und 4 schliessen, dass durch die Einführung des Zuckers der Respirations-Prozess beschleunigt werde, diess geht dagegen aus einer Betrachtung der Kohlensäurecurven in den entsprechenden Versuchen durchaus nicht hervor. In einem ähnlichen Widerspruch, wie die eben citirten, gleichzeitig erhaltenen Minutenmittel der Kohlensäure und des Sauerstoffs stehen, befinden sich nun auch die Minutenmittel des Sauerstoffs im ersten und dritten Versuch zu jenen des zweiten und vierten. Mit einem Wort, die vorliegenden Zahlen lassen keine Gesetzmässigkeit durchblicken. Dieses Ergebniss ist nicht verwunderlich in Hinblick auf die pag. 178 angeführte Durchleitung reinen Blutes durch die Niere. In unserm Organ kann, wie es scheint, die Umsetzung der Stoffe aus inneren Gründen sehr variabel sein, so dass die von aussen am Athmungsprozess angebrachten Veränderungen dagegen verschwinden. Somit würde es gerathen sein, in Zukunft bei ähnlichen Versuchen einen anderen capillaren Bezirk zu benutzen.

3. Capronsaures Natron. Die Versuche über den Einfluss des capronsauren Natrons auf die Athmung habe ich genau so angestellt, wie die entsprechenden mit milchsaurem Natron. Die Resultate, welche ich bei den Einspritzungen erhielt, sind die folgenden:

Zusatz zum Blute		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (−) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	% Gehalt an O zum Schl. des Vers.	
I. Ohne	1	23.50	—	66	12.67	12.50	−8.88	0.98	0.03	19.65	Kaninch. L. Kpg. 1500 gr. 0.88 gr. Capronsäure.
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Capronsäure	2	22.46	—	62	13.56	13.64	−5.97	1.00	0.019	18.88	
		—	5.5′	—	—	—	—	—	—	—	
	3	20.8	—	56	14.94	14.50	+3.26	0.98	0.040	16.54	
		—	8	—	—	—	—	—	—	—	
	4	21.85	—	60	14.27	15.44	−4.72	1.06	0.015	18.27	
II. Ohne	1	25.03	—	52	11.79	12.22	−8.7	1.03	0.02	20.08	Kaninch. L. Kpg. 1375 gr. 0.54 gr. Caprons. in 3 Cc. Wasser.
		—	7.7′	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Capronsäure	2	19.9	—	46	12.09	12.45	−7.59	1.01	0.02	19.27	
		—	6.5′	—	—	—	—	—	—	—	
	3	20.6	—	55	14.32	15.74	−13.4	1.09	0.04	20.75	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	
	4	20.38	—	46	14.38	14.54	−15.28	1.01	0.05	20.33	
III. Ohne	1	27.4	—	52	11.08	9.22	−4.84	0.83	0.006	19.57	Kaninch. M. Kpg. 1550 gr. 0.54 gr. Caprons. in 3 Cc. Wasser.
		—	8.5	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Capronsäure	2	22.8	—	52	13.28	9.03	−12.49	0.68	0.04	20.59	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	3	25.5	—	52	11.77	10.12	−7.40	0.86	0.02	19.33	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	
	4	22.45	—	58	13.66	12.94	−2.46	0.95	0.044	18.22	

Aus einer Discussion dieser Zahlen ergiebt sich ein ähnliches Resultat, wie wir es auch beim milchsauren Natron erhielten. Unmittelbar nach der Injection des Salzes wächst der Sauerstoffverbrauch und der höhere Werth erhält sich länger als eine Stunde, beziehungsweise so lange der Versuch dauerte. Aehnlich geschieht es mit der Kohlensäure; der Werth, um

welchen das nach der Injection vorhandene Minutenmittel über das vorher vorhanden gewesene steigt, ist jedoch geringer als beim Sauerstoff und es findet sich zudem ein Fall unter 9, in welchem nach der Injection kein Wachsthum des Kohlensäurewerthes eintrat. Um das Gesammtresultat der drei Versuche mit capronsaurem Natron in einem Blick übersehen zu lassen, stelle ich ihre Mittelwerthe hier zusammen.

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den capronsauren Versuchen	Unterschied der Mittelwerthe
O 11.85	14.43	2.58
CO_2 11.31	13.07	1.76

Vielleicht ist es nicht zufällig, dass hier der Quotient des Ueberschusses 0.68 ist, während wir ihn bei der Milchsäure gleich der Einheit fanden; alle übrigen Ableitungen, welche wir bei der Milchsäure zwischen der Menge des eingespritzten Stoffes und der dadurch erhöhten Respiration machten, gelten auch hier.

Nach allem diesem muss ich das capronsaure Natron unter die Stoffe zählen, von denen es höchst wahrscheinlich ist, dass sie nach ihrem Eintritt in das Blut der Verbrennung anheim fallen.

4. und 5. Essigsaures und ameisensaures Natron. Die Versuche mit diesen beiden Salzen geben, wie man aus dem Nachstehenden sieht, kein augenfälliges Resultat.

Die Mittelwerthe für die Essigsäure sind diese:

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den Essigsäure-Versuchen	Unterschiede der Mittelwerthe
O 12.53	12.27	— 0.26
CO_2 8.40	8.98	+ 0.58

für die Ameisensäure die folgenden:

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den Ameisensäure-Versuchen	Unterschiede der Mittelwerthe
O 18.41	18.66	0.15
CO_2 14.04	16.00	1.96

Versuche mit essigsaurem Natron.

Zusatz zum Blute		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute Athemzüge	In der Minute O	In der Minute CO_2	N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+)	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	O%	
I. Ohne	1	20.16	—	44	14.66	8.97	— 5.72	0.61	0.019	20.28	Kan. P. 1650 gr. Kpg. 1.6 gr. Essigsäure in 5 Cc. Wasser.
		—	7	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Essigsäure.	2	20	—	34	14.72	9.68	— 5.16	0.65	0.017	20.18	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	3	22.55	—	36	13.09	9.47	— 5.02	0.72	0.017	20.11	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	4	22.83	—	32	12.99	9.90	— 4.11	0.76	0.013	19.87	
II. Ohne	1	28.6	—	40	10.40	7.84	— 3.12	0.75	0.010	19.56	Kan. P. 0.65 Essigsäure in 5 Cc. Wasser.
		—	9	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Essigsäure	2	25.3	—	32	11.84	8.13	+ 2.46	0.68	0.008	18.26	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	3	28	—	32	10.60	8.58	— 0.2	0.80	0.0007	18.78	
		—	7	—	—	—	—	—	—	—	
	4	28.6′	—	32	10.41	8.20	+ 0.4	0.78	0.004	18.73	

Versuche mit ameisensaurem Natron.

Zusatz zum Blute		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (−) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	% Gehalt an O in der Luft	Bemerkungen
I. Ohne	1	18.4	—	46	16.57	14.34	+ 0.54	0.86	+ 0.001	19.05	Kan. J. 1870 gr. Kpg. 0.97 gr. Ameisensäure in 2 Cc. Wasser.
		—	4	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Ameis.-säure	2	17.66	—	48	17.70	19.25	+ 8.96	1.08	+ 0.02	16.01	
		—	10	—	—	—	—	—	—	—	
	3	17.03	—	46	16.62	16.17	+ 4.54	0.97	+ 0.014	17.03	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	4	18.18	—	40	16.78	14.24	— 3.17	0.84	— 0.0103	18.98	
II. Ohne	1	14.06	—	50	20.26	13.75	— 10.26	0.63	0.03	19.44	Kan. J. 2190 gr. Kpg. 1.0 gr. Ameisensäure.
		—	9	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Ameis.-säure	2	16.73	—	50	17.41	14 61	— 10.80	0.84	0.02	19.82	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	3	14	—	46	21.02	13.97	— 3.98	0.66	0.01	18.21	
		—	3	—	—	—	—	—	—	—	
	4	13.40	—	46	22.45	17.80	— 1.13	0.79	0.003	17.03	

6. **Benzoësaures Natron.** Die beiden Versuche, welche ich mit diesem Salze anstellte, lieferten die nachstehenden Zahlen:

Zusatz zum Blute	Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute Athemzüge	In der Minute O	In der Minute CO_2	N-Verbrauch (−) Ausscheidung (+)	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	O%	
I. Ohne 1	36.5		120	8.58	7.06	+ 7.09	0.82	0.02	16.42	Kan. R. 1220 gr. Kpg. 0.86 gr. Benzoësäure.
		8′								
Mit Benzoësäure 2	34.8		104	8.66	9.06	− 3.23	1.04	0.016	19.32	
		4								
Mit Benzoësäure 3	36.2		88	8.31	8.13	− 2.36	0.97	0.007	19.31	
II. Ohne 1	26.1		68	11.72	9.56	+ 11.6	0.81	0.03	9.40	Kan. S. 1.0 gr. Benzoë in 5 Cc. Wasser.
		8								
Mit Benzoësäure 2	30.8		68	9.60	9.40	− 6.01	0.97	0.04	12.06	
		4								
Mit Benzoësäure 3	34.7		60	9.25	8.27	− 7.10	0.89	0.02	12.36	
		6								
Mit Benzoësäure 4	30.9		56	9.50	7.65	− 5.16	0.80	0.019	11.47	

Als Mittelwerthe gehen hieraus hervor:

	Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den Benzoësäure-Versuchen
O	10.15	9.06
CO_2	8.31	8.50

Diese Resultate weisen unzweideutig darauf hin, dass die Benzoësäure weder eine Zerlegung erfahren, noch eine solche veranlasst hat. Das Ergebniss des Respirationsversuchs steht demnach in Uebereinstimmung mit der Erfahrung von ihrem leichten und raschen Uebergang in den Harn.

7. Glyzerin. Bei zwei Versuchen erhielt ich die folgenden Zahlen:

Zusatz zum Blute		Dauer		In der Minute			N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	% Gehalt an O	
		des Versuchs	der Pause	Athemzüge	O	CO_2					
I. Ohne	1	25.6	—	156	11.94	10.08	— 0.76	0.84	0.002	17.09	Kan. N. 1470 gr. Kpg. 1.9 gr. Glyzerin in 2 Cc. Wasser.
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Glyzer.	2	21.4	—	86	14.16	12.01	— 3.79	0.84	0.01	17.86	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	
	3	18.2	—	76	16.57	13.58	— 3.55	0.81	0.01	18.17	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	4	17.9	—	76	16.92	14.15	— 2.4	0.83	0.007	17.81	
II. Ohne	1	26.5	—	58	11.15	6.80	— 6.47	0.60	— 0.02	18.99	Kan. M. 1560 gr. Kpg. 1.9 gr. Glyzerin.
		—	20'.50"	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Glyzer.	2	26.5	—	50	11.05	7.71	— 10.85	0.69	— 0.08	20.39	
		—	7	—	—	—	—	—	—	—	
	3	24.5	—	50	11.87	8.55	— 9.11	0.72	— 0.08	19.98	
		—	9	—	—	—	—	—	—	—	
	4	23.7	—	44	12.57	8.91	— 2.71	0.71	— 0.009	18.15	

Die Mittelwerthe hieraus sind die nachstehenden:

	Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus dem Glycerin-Versuch	Unterschiede der Mittelwerthe
O	11.54	13.85	2.31
CO_2	8.41	10.81	2.40

Diese Ergebnisse sprechen sowohl quantitativ als qualitativ dafür, dass das Glyzerin, welches in das Blut eintritt, einer raschen Zerlegung entgegen geht.

BERICHTE

ÜBER DIE

VERHANDLUNGEN

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

ZU LEIPZIG.

MATHEMATISCH-PHYSISCHE CLASSE.

EINUNDZWANZIGSTER BAND.

1869.

MIT FÜNF TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.



INHALT.

Protector der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

SEINE MAJESTÄT DER KÖNIG.

Ehrenmitglied

Seine Excellenz der Herr Vorsitzende des Gesammtministeriums und Staatsminister des Cultus und öffentlichen Unterrichts Freiherr *Johann Paul von Falkenstein.*

Ordentliche einheimische Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Professor *Heinrich Leberecht Fleischer* in Leipzig, Secretär der philol.–histor. Classe.
- Professor *Hermann Brockhaus* in Leipzig, stellvertretender Secretär der philol.–histor. Classe.
- Geheimer Hofrath *Eduard Albrecht* in Leipzig.
- Professor *Conrad Bursian* in Jena.
- —— *Georg Curtius* in Leipzig.
- —— *Adolf Ebert* in Leipzig.
- —— *Gustav Flügel* in Dresden.
- —— *Friedrich Franke* in Meissen.

Se. Exc. Herr Geheimer Rath *Hans Conon von der Gabelentz* in Altenburg.

Herr Hofrath und Universitäts-Oberbibliothekar *Ernst Gotthelf Gersdorf* in Leipzig.
- Domherr und Hofrath *Gustav Hänel* in Leipzig.

Herr Professor *Gustav Hartenstein* in Jena.
- Professor u. Universitäts-Oberbibliothekar *Christoph Ludolf Ehrenfried Krehl* in Leipzig.
- Hofrath *Karl Nipperdey* in Jena.
- Professor *Johannes Adolph Overbeck* in Leipzig.
- Geheimer Regierungsrath *Friedr. Ritschl* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Wilhelm Roscher* in Leipzig.
- Professor *Georg Voigt* in Leipzig.
- Geheimer Rath *Karl Georg von Wächter* in Leipzig.
- Professor *Friedrich Zarncke* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Professor *Johann Gustav Droysen* in Berlin.
- —— *Hermann Alfred von Gutschmid* in Kiel.
- —— *Moritz Haupt* in Berlin.
- Geheimer Justiz- und Oberappellationsgerichtsrath *Andreas Ludwig Jacob Michelsen* in Schleswig.
- Professor *Theodor Mommsen* in Berlin.
- Hofrath *Hermann Sauppe* in Göttingen.
- Professor *Gustav Seyffarth* in New-York.
- —— *Karl Bernhard Stark* in Heidelberg.

Ordentliche einheimische Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Geheimer Medicinalrath *Ernst Heinrich Weber* in Leipzig, Secretär der mathem.-phys. Classe.
- Geheimer Hofrath *Wilhelm Gottlieb Hankel* in Leipzig, stellvertretender Secretär der mathem.-phys. Classe.
- Professor *Carl Bruhns* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Moritz Wilhelm Drobisch* in Leipzig.
- Professor *Gustav Theodor Fechner* in Leipzig.
- Hofrath *Carl Gegenbaur* in Jena.

Herr Geheimer Regierungsrath *Peter Andreas Hansen* in Gotha.
- Professor *Johann August Ludwig Wilhelm Knop* in Leipzig.
- —— *Hermann Kolbe* in Leipzig.
- —— *Rudolph Leuckart* in Leipzig.
- Hofrath *Carl Friedrich Wilhelm Ludwig* in Leipzig.
- Geheimer Bergrath *Karl Friedrich Naumann* in Leipzig.
- Professor *Carl Neumann* in Leipzig.
- Oberbergrath *Ferdinand Reich* in Freiberg.
- Bergrath *Theodor Scheerer* in Freiberg.
- Professor *Wilhelm Scheibner* in Leipzig.
- Hofrath *August Schenk* in Leipzig.
- —— *Oskar Schlömilch* in Dresden.
- Professor *Eduard Friedrich Weber* in Leipzig.
- —— *Johann Carl Friedrich Zöllner* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Professor *Heinrich d'Arrest* in Kopenhagen.
- —— *Heinrich Richard Baltzer* in Giessen.
- Hofrath *Otto Funke* in Freiburg.
- Professor *Wilhelm Hofmeister* in Heidelberg
- Hofrath *Mathias Jacob Schleiden* in Dorpat.
- Professor *Samuel Friedrich Nathanael Stein* in Prag.
- —— *Alfred Wilhelm Volkmann* in Halle.
- —— *Wilhelm Weber* in Göttingen.

Verzeichniss

der bei der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1869 eingegangenen Schriften.

Von gelehrten Gesellschaften, Universitäten und öffentlichen Behörden herausgegebene und periodische Schriften.

Abhandlungen der Königl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. Aus d. J. 1868. Berlin 1869.

Monatsbericht d. Königl. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1868. Nov. u. Dec. 1869. Januar—October.

Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften. Philos.-histor. Cl. LVII. Bd. 2. 3. Heft. LVIII. Bd. 1—3. Heft. Wien 1867. 1868. LIX. Bd. 1—4. Heft. Wien 1868. LX. Bd. 1—3. Heft. LXI. Bd. 1. Heft. Wien 1869.

Register zu den Bänden 51 bis 60 der Sitzungsberichte der philos.-histor. Cl. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien 1869.

Sitzungsberichte der mathem.-naturwissensch. Cl. der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. Erste Abth. LVII. Bd. 4. 5. Heft. LVIII. Bd. 1—5. Hft. LIX. Bd. 1. 2. Heft. Wien 1868. 1869. Zweite Abth. LVII. Bd. 4. 5. Heft. LVIII. Bd. 1—5. Heft. LIX. Bd 1—3. Heft. Wien 1868. 1869.

Tabulae codicum manu scriptorum praeter graecos et orientales in Bibliotheca Palatina Vindobonensi asservatorum. Ed. Academia Caesarea Vindobonensis. Vol. III. Cod. 3501—5000. Vindobonae 1869.

Anzeiger d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Mathem.-naturwissensch. Classe. VI. Jahrg. 1869. No. 1—28. Wien 1869.

Fontes rerum Austriacarum. Zweite Abth. Diplomataria et Acta. XXVIII. Bd. 2. Th. XXIX. Bd. Wien 1868. 1869.

Archiv für österreichische Geschichte. 40. Bd. 1. u. 2. Hälfte. Wien 1868. 1869.

Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. 1868. No. 11—18. 1869. No. 1—6. Wien.

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt. Jahrg. 1868. Bd. XVIII. No. 3. 4. Jahrg. 1869. Bd. XIX. No. 1. 2. Wien.

Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1868. Bd. XVIII. Heft 1—4. Wien 1868.

Abhandlungen der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften vom J. 1868. 6. Folge. 2. Bd. Prag 1869.

Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellsch. d. Wissensch. in Prag. Jahrg. 1868. Prag 1868.

Magnetische und meteorologische Beobachtungen auf der Sternwarte zu Prag im J. 1868. Neunundzwanzigster Jahrg.

Mittheilungen des Vereines für Geschichte der Deutschen in Böhmen. VII. Jahrg. No. III. IV. Prag 1868. 1869.

Geschichte Böhmens von Dr. Ludw. Schlesinger. Herausgeg. vom Vereine für Geschichte der Deutschen in Böhmen. Prag und Leipzig 1869.

Abhandlungen der mathem.-physikal. Classe der k. bayerischen Akad. d. Wissensch. 10. Bds. 2. Abth. (In der Reihe der Denkschriften der XXXVII. Bd.) München 1868.

Abhandlungen der histor. Classe d. k. bayer. Akad. d. Wissensch. 11. Bds. 1. Abth. (In der Reihe der Denkschriften der XLI. Bd.) München 1868.

Abhandlungen der philos.-philol. Classe d. k. bayer. Akad. d. Wissensch. 11. Bds. 3. Abth. (In der Reihe der Denkschriften der XLII. Bd.) München 1868.

Denkschrift auf C. Fr. Ph. von Martius. Von C. F. Meissner. München 1869.

Ueber die Entwicklung der Agriculturchemie. Festrede u. s. w. von Aug. Vogel. München 1869.

Neue Daten über den Todestag von Adolph v. Schlagintweit nebst Bemerkungen über mussalmán'sche Zeitrechnung, von H. v. Schlagintweit-Sakünlünski. (Aus den Berichten der k. bayer. Akad. der Wissensch.) München 1869.

Bericht des Secretariats über die zehnte Plenarversammlung der histor. Commission bei der k. bayer. Akad. der Wissensch.

Monatliche und jährliche Resultate der an der Sternwarte bei München von 1857 bis 1866 angestellten meteorologischen Beobachtungen, von J. v. Lamont. VI. Supplementband zu den Annalen der Münchener Sternwarte. München 1868.

Beobachtungen des meteorologischen Observatoriums auf dem Hohenpeissenberg von 1851 bis 1864, von J. v. Lamont. VII. Supplementband u. s. w. München 1868.

Verzeichniss von 6323 telescopischen Sternen zwischen + 3° und + 9° Declination u. s. w. Von J. v. Lamont. VIII. Supplementband u. s. w. München 1869.

Nachrichten von der königl. Gesellschaft der Wissensch. und der Georg-Augusts-Universität aus d. J. 1868. Göttingen 1868.

Jahresbericht der Handels- und Gewerbekammer zu Dresden 1868. Dresden 1869.

Jahresbericht über den 41. Cursus der königl. polytechn. Schule und über d. 22. Cursus der königl. Baugewerkenschule zu Dresden. 1868—1869. (2 Exx.)

Mittheilungen der k. sächs. polytechnischen Schule zu Dresden. Heft 2. Leipzig 1869.

Sitzungsberichte der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden. 1868—1869. II. October—Mai.

Zeitschrift des k. sächs. statistischen Bureau's. XIV. Jahrg. 1868. No. 8—12. XV. Jahrg. 1869. No. 1—5.

Supplementheft zum XIV. Jahrg. der Zeitschrift des k. sächs. statistischen Bureau's.

III., IV. u. V. Jahresbericht des Vereins für Erdkunde zu Dresden. Dresden 1866—1868.

Catalog der Bibliothek des Vereins für Erdkunde zu Dresden. Ausgegeben 20. Juli 1866. Dresden.

Leopoldina, amtliches Organ der Kais. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Heft VI. No. 11. 12.

Vierteljahrsschrift der astronom. Gesellschaft. III. Jahrg. 1868. 4. Heft. Leipzig 1868. IV. Jahrg. 1869. 1—2. Heft. Leipzig 1869.

Tafeln der Pomona, mit Berücksichtigung der Störungen durch Jupiter, Saturn u. Mars, berechnet von O. Lesser. Publication der astronomischen Gesellschaft. No. IX. Leipzig 1869.

Resultate aus den meteorologischen Beobachtungen, angestellt an den 25 k. sächs. Stationen im J. 1867, bearbeitet von C. Bruhns. Jahrg. 4. Leipzig 1869.

Uebersicht der Resultate aus den meteorologischen Beobachtungen, angestellt auf den k. sächs. Stationen. Mitgetheilt nach den Zusammenstellungen im statistischen Bureau von C. Bruhns in Leipzig. Mai. Juni. 1869.

Neues Lausitzisches Magazin. 45. Bd. 2. Heft Görlitz 1869. 46. Bd. 1. u. 2. Abth. Görlitz 1869.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Bd. 32. Jahrg. 1868. Juli—Dec. Bd. 33. Jahrg. 1869. Jan.—Juni. Berlin 1868. 1869.

Lotos, Zeitschrift für Naturwissenschaften. 18. Jahrg. Prag 1868.

Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Erster Jahrg. No. 20 und 21. Berlin 1868. Zweiter Jahrgang. No. 1—9. 11—19. Berlin 1869.

Mittheilungen aus dem naturwissenschaftl. Vereine v. Neu-Vorpommern und Rügen. 1. Jahrg. Berlin 1869.

Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Bd. XI. Heft 1. Halle 1869.

Abhandlungen der Schlesischen Gesellschaft f. vaterländ. Cultur. Philos.-histor. Abtheil. 1868. Heft II. Breslau 1868.—1869. Breslau 1869. — Abtheil. für Naturwissenschaften u. Medicin 1868/69. Breslau 1869.

Sechsundvierzigster Jahresbericht der Schles. Ges. f. vaterländ. Cultur. Generalbericht über die Arbeiten u. Veränderungen der Gesellschaft im J. 1868. Breslau 1869.

Verhandlungen der physikal.-medicin. Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. Bd. I. Heft 2. 3. Würzburg 1868.

Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg. Bd. V. 1. 2.

Abhandlungen der naturhistorischen Gesellschaft zu Nürnberg. Bd. IV. Nürnberg 1868.

Jahresbericht des physikal. Vereins zu Frankfurt a/M. f. das J. 1867/68.

Neunter Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde. 1867/68. Offenbach a/M. 1868.

Jahrbücher des Vereins v. Alterthumsfreunden im Rheinlande. Heft XLVI. Mit 13 lithogr. Tafeln u. 30 Holzschnitten. Bonn 1869.

Dreizehnter Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Giessen 1869.

XXV—XXVII. Jahresbericht der Pollichia, eines naturwissenschaftlichen Vereins der Rheinpfalz. Dürkheim a/H. 1868.

Schriften der Universität zu Kiel aus d. J. 1868. Bd. XV. Kiel 1869.

Verzeichniss der Behörden, Lehrer, Institute, Beamten und Studirenden auf d. Grossherzogl. Universität Rostock. Winter-Semester 1867/68. — Dasselbe. Sommer-Semester 1868.

Index lectionum in Academia Rostochiensi Semestri hiberno A. 1867—8 habendarum. Praemissa est F. V. Fritzschii adnotatio ad Luciani Fugitivos.

Index lectionum &c. Sem. aestivo A. 1868 habendarum. De Callimachi Epigrammatis Specimen primum F V. Fritzschius praemisit.

Arbeiten des Naturforscher-Vereins zu Riga. Neue Folge. Heft 2. Riga 1868.

Correspondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga. Jahrgang XVII. Riga 1869.

Mittheilungen des historischen Vereins f. Steiermark. 17. Heft. Graz 1869.

Beiträge zur Kunde steiermärkischer Geschichtsquellen. Herausgeg. vom histor. Vereine für Steiermark. 6. Jahrg. Graz 1869.

Verhandlungen der naturforschenden Gesellsch. in Basel. Th. V. Heft 1. 2. Basel 1868. 1869.

Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen naturwissenschaftl. Gesellschaft während des Vereinsjahres 1867—68. St. Gallen 1868.

Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern aus dem J. 1868. (No. 654—683.) Bern 1869.

Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Einsiedeln, 24—26. Aug. 1868. Jahresversammlung 52. Jahresbericht 1868. Einsiedeln.

Neue Denkschriften der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften. Bd. 23, oder Decade 3, Bd. 3. Zürich 1869.

Vierteljahrschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 12. Jahrg. 1—4. Heft. 13. Jahrg. 1—4. Heft. Zürich 1867. 1868.

Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft Graubündens. Neue Folge. Jahrg. 14 (1868/69). Chur 1869.

Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Tome 20. Part. 1. Genève 1869.

Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg. Dritte Folge. 14. Heft. Innsbruck 1869.

Verhandelingen der kon. Akademie van Wetenschappen. Afdeeling Letterkunde. 4de Deel. Amsterdam 1869.

Verslagen en Mededeelingen der kon. Akademie van Wetenschappen. Afdeeling Natuurkunde. 2de Reeks 3de Deel. Amsterdam 1869.

Jaarboek van de kon. Akademie van Wetenschappen voor 1868. Amsterdam.

Processen-verbaal van de gewone Vergaderingen der kon. Akad. v. Wetensch. Afdeeling Natuurkunde. Van Mei 1868 en met April 1869.

Catalogus der Boekerij van de kon. Akademie van Wetenschappen gevestigd te Amsterdam. Aflev. 1. Amsterdam 1855.

Nederlandsch Meteorologisch Jaarboek voor 1867, Jaarg. 19, Deel II, en voor 1868, Jaarg. 20, Deel I, uitgeg. door het kon. Nederl. Meteorolog. Instituut. Utrecht 1868.

Programme de la Société Hollandaise des sciences de Harlem, année 1869.

Liste des publications des sociétés savantes etc. qui se trouvent dans la

bibliothèque de la Société Hollandaise des sciences de Harlem. 1. Janvier 1869. Harlem 1869.

Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles. T. III. Livr. 3—5. La Haye 1868.

Nederlandsch Archief voor Genees- en Natuurkunde, uitgegeven door Donders en Koster. Deel IV. Aflev. 2—4. Utrecht 1868—69. Deel V. Aflev. 1. Utrecht 1869.

Verslag van het Verhandelde in de algemeene Vergadering van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen gehouden 1868. Utrecht 1868. Verslag &c. 1869. Utrecht 1869.

Aanteekeningen van het Verhandelde in de Sectie-Vergaderingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen, ter Gelegenheid van de algemeene Vergadering gehouden in het Jaar 1868. Utrecht 1869.

Catalogus der Archeologische Versameling van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. Utrecht 1868.

Levensbeschrijving van Rijklof Michaël van Goens door Mr. B. ter Brink, uitgegeven door het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. Utrecht 1869.

Zur Entwickelungsgeschichte der Siphonophoren von Dr. Ernst Haeckel u. s. w., eine von der Utrechter Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft gekrönte Preisschrift. Utrecht 1869.

Bijdragen tot de dierkunde, uitgegeven door het Genootschap Natura artis magistra te Amsterdam. Negende Aflevering. 1869.

Bijdragen tot de Taal- Land- en Volkenkunde van Nederlandsch Indie. Volgr. 3, Deel III, Stuk 1—3. 's Gravenhage 1868 u. 69.

Mémoires de l'Académie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. Tome XXXVII. Bruxelles 1869.

Bulletins de l'Académie Royale &c. de Belgique. 37ème Année. 2. Sér. T. XXV et XXVI. Bruxelles 1868.

Annuaire de l'Académie Royale &c. de Belgique. 1869. 35ème Année. Bruxelles 1869.

Annales météorologiques de l'Observatoire Royal de Bruxelles, publiés par A. Quetelet. 2e Année. Bruxelles 1868.

Société des sciences naturelles du Grand-Duché de Luxembourg. T. X. Année 1867 et 1868. Luxembourg 1869.

Bullettino dell' Instituto di corrispondenza archeologica per l'anno 1868. No. 12. (Dicembre.) — Bullettino &c. per l'anno 1869. No. 1—11 (Gennajo—Novembre).

Elenco de' partecipanti dell' Instituto di corrispondenza archeologica alla fine dell' anno 1868.

Memorie del R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti. Vol. XIV. P. II. p. 157—354. (Mit einem Albero genealogico &c. p. 355—385.) Venezia 1869.

Atti del R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti, T. XIII, Ser. III, Disp. 8—10. Venezia 1867—68. T. XIV, Ser. III, Disp. 1. T. XIV, Ser. III, Disp. 2—8. Venezia 1868—69.

Memorie del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Classe di lettere e scienze morali e politiche. Vol. XI. II della Serie III. Fasc. I. II. Milano 1868. 1869.

Memorie del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Classe di scienze matematiche e naturali. Vol. XI. II della Serie III. Fasc. I. II. Milano 1868. 1869.

R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Rendiconti. Serie II. Vol. I. Fasc. XI—XX. Milano 1868. Vol. II. Fasc. I— XVI. Milano 1869.

Solenni Adunanze del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Adunanza del 7 Agosto 1868. Milano 1868.

R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Temi sui quali è aperto concorso, proclamati o ricordati nella solenne adunanza del 7 agosto 1869.

Annuario del R. Istituto Lombardo &c. 1868. Milano 1868.

Atti della Fondazione scientifica Cagnola. Vol. V. Parte I che abbraccia il triennio 1867—1869.

Rivista scientifica pubblicata per cura della R. Accademia de' Fisiocritici. Classe delle scienze fisiche. Anno I. Fasc. I. Luglio. Fasc. II. Settembre. Siena 1869.

Giornale di scienze naturali ed economiche pubblicato per cura del Consiglio di perfezionamento annesso al R. Istituto tecnico di Palermo. Vol. IV. Fasc. I—IV. Vol. V. Fasc. I e II. Parte I. Scienze naturali. Palermo 1868. 1869.

Catalogue of scientific Papers (1800—1868). Compiled and published by the R. Society of London. Vol. II. London 1868.

Nature. A weekly illustrated Journal of Science. No. 1—9. London 1869.

Scientific Opinion. Vol. II. No. 50. London, Oct. 13, 1869.

Memoirs of the literary and philosophical Society of Manchester. Third Series. Third Vol. London 1868.

Proceedings of the literary and philosophical Society of Manchester, Vol. V—VII. Session 1865—8. Manchester 1868.

Transactions and Proceedings of the R. Society of Victoria. Part I. Vol. IX. Melbourne 1868.

Transactions of the R. Society of Edinburgh. Vol. XXV. Part III. Session 1867—1868.

Proceedings of the R. Society of Edinburgh. Session 1867—1868. Vol. VI. No. 74—76.

The Journal of the R. Dublin Society. No. XXXVII. Dublin 1868. (2 Exx.) No. XXXVIII. Dublin 1869.

Journal of the R. Geological Society of Ireland. Vol. II. Part I. (1867—68.) London, Dublin, Edinburgh 1868.

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences, belles-lettres et arts de Lyon. Classe des sciences. T. XIV. Paris 1864. — Classe des lettres. Nouvelle Série. T. XII. Paris 1864—65.

Annales de la Société Linnéenne de Lyon. Année 1866. (Nouvelle Série.) T. XIV. T. XVI. Paris 1867. 1868.

Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Tome VI. 1. 2. cahier. Paris et Bordeaux 1868. 1869. Dazu 16 Seiten Extraits des Procès-verbaux des séances de la Société, hinten abgebrochen.

Mémoires de la Société Impériale des sciences naturelles de Cherbourg. T. XIV. (Deuxième Série. T. IV.) Paris et Cherbourg 1869.

Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Colmar. Années 8 et 9. (1867 et 1868). Colmar 1868.

Censo de la Ganadería de España segun el recuento verificado en 24 de Setiembre de 1865 por la Junta General de Estadística. Madrid 1868.

Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. 5. Række. Historisk og philosophisk Afdeling. 3 Bind. 2 Heft. Kjøbenhavn 1869.

Oversigt over det Kong. Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger i Aaret 1867, Nr 6 & 7; i Aaret 1868 No. 1—4; i Aaret 1869 No. 1. Kjøbenhavn.

Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania. Aar 1867. Christiania 1868.

Registre til Christiania Videnskabsselskabs Forhandlinger 1858—1867.

Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Udgives af den physiographiske Forening i Christiania ved M. Sars og Th. Kjerulf. 15. Binds 3. og 4. Hefte. Christiania 1868.

Det Kongel. Norske Frederiks Universitets Aarsberetning for Aaret 1867 med Bilage. Christiania 1868.

Tre akademiske Taler paa Universitets Aarfest d. 2den Sept., af M. J. Monrad. Christiania 1868.

Forslag til en forandret Ordning af det høiere Skolevæsen. Tredie Del. Christiania 1867.

Norske Universitets og Skole-Annaler. Udgivne af Universitets-Secretair. Tredie Række. IX. 1ste og 2det Hefte. Febr. 1868. Christiania 1868. 3die og 4de Hefte. Marts 1868. Christiania 1868.

Storth.-Forh. 1868. O. No. 4, 5 og 6. Kongelige Propositioner til Love om offentlige Skoler for den høiere Almen-dannelse, om en Examenkommission for den høiere Almenskole, og om Forandringer i og Tillæg til Universitetsfundatsen.

Norges officielle Statistik:

C. No. 1. Resultaterne af Folketællingen i Norge i Januar 1866. Første Hefte. Christiania 1868.

C. No. 3. Tabeller vedkommende Norges Handel og Skibsfart i Aaret 1866.

C. No. 4. Beretning om Sundhedstilstanden og Medicinalforholdene i Norge i 1865. Christiania 1867.

C. No. 5. Tabeller over de Spedalske i Norge i Aaret 1867. Christiania 1868.

C. No. 8. De offentlige Jernbaner. Driftsberetning for Kongsvinger-Lillestrøm-Jernbane i Aaret 1867. Christiania 1868.

C. No. 8. Driftsberetning for Hamar-Elverum-Jernbane i Aaret 1867. Christiania 1868.

C. No. 8. Driftsberetning for Norsk Hoved-Jernbane i Aaret 1867. Christiania 1868.

D. No. 1. Oversigt over Kongeriget Norges Indtægter og Udgifter i Aaret 1866. Christiania 1868.

F. No. 1. Den Norske Statstelegrafs Statistik for Aaret 1867. Christiania 1868.

F. No. 2. Den Norske Brevposts Statistik for Aaret 1866. Christiania 1868.

Beretning om Bodsfængslets Virksomhed i Aaret 1867. Christiania 1868.

Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Ny Följd, Bd 5, H. 1. Bd. 6, H. 1 & 2, Bd. 7, H. 1 (1864—67).

Öfversigt af Kongl. Vetensk.-Akademiens Förhanlingar. Årgången 22—25 (1865—68). Stockholm 1866—69.

Lefnadsteckningar öfver Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens efter År 1854 aflidna Ledamöter. Bd. I. Heft 1. Stockholm 1869.

On the existence of rocks containing organic substances in the fundamental gneiss of Sweden. Translated from communications read to the R. Swedish Academy of sciences at Stockholm.

Sketch of the Geology of Spitzbergen by A. E. Nordenskiöld. Translated from the Transactions of the R. Swedish Academy of sciences. Stockholm 1867.

Sveriges geologiska Undersökning på offentlig Bekostnad utförd under Ledning af A. Erdmann. No. 26—30. Stockholm 1868. Nebst fünf Karten: Sala, Rånäs, Borås, Senfstra und Eggegrund.

Meteorologiska Iakttagelser i Sverige, utgifne af Kongl. Svenska Vetensk.-Akad., anställde och bearbetede under Inseende af Er. Edlund. Bd. 6—8 (1864—66).

Kongl. Svenska Fregattens Eugenies Resa omkring Jorden 1851—53. Vetenskapliga Iakttagelser utgivna af K. Sv. Vetensk.-Akad. Zoologi. VI.

Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar. XI. 1868—69. Helsingfors 1869.

Bidrag till Kænnedom af Finlands Natur och Folk, utgifna af Finska Vetenskaps-Societeten, 12de och 14de Häftet. Helsingfors 1868—69.

Gedächtnissrede auf Alexander Nordmann, gehalten den 29. April 1867 von Dr. O. E. A. Hjelt. Helsingfors 1868.

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg. VII. Sér. Tome XII. No. 1—5. St.-Pétersbourg 1868. Tome XIII. No. 1—7. Tome XIV. No. 1. 2. St.-Pétersbourg 1869.

Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg. Tome XIII. No. 1—5 et dernier. St.-Pétersbourg 1869.

Résultats de quelques observations supplémentaires faites sur des étoiles doubles artificielles, par O. Struve, tirés du Bulletin de l'Acad. Impér. des sciences de St.-Pétersbourg T. IV.

Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Acad. Impér. &c. T. VII. 18. Febr. — 2 März 1869. 20 Mai — 1 Juni 1869. (Beide von J. Fr. Brandt.)

Wenige Worte in Bezug auf die Erwiederungen in Betreff der Vertilgung der nordischen Seekuh. Von Fr. Brandt. Moskau 1868.

Jahresbericht dem Comité der Nicolai-Hauptsternwarte abgestattet vom Director der Sternwarte am 24. Mai 1867 und am 24. Mai 1868. St. Petersburg 1867 und 1868.

Jahresbericht am 5. Juni 1869 dem Comité der Nicolai-Hauptsternwarte abgestattet vom Director der Sternwarte, aus dem Russischen übersetzt. St. Petersburg 1869.

Tabulae auxiliares ad transitus per planum primum verticale reducendos inservientes, ed. O. Struve. Petropoli 1868.

Observations de Pulkova publiées par O. Struve. Vol. I. II. St.-Pétersbourg 1869.

Tabulae quantitatum Besselianarum pro annis 1750 ad 1840 curavit et praefatus est O. Struve, speculae Pulkavensis director. Petropoli 1869.

Annales de l'Observatoire physique central de Russie publiées par Wild. Année 1865. St.-Pétersbourg 1869.

Compte-rendu de la Commission Impériale Archéologique pour l'année 1865. St.-Pétersbourg 1866. — Der dazu gehörige Atlas. St. Pétersbourg 1866.

Compte-rendu &c. pour l'année 1866. St.-Pétersbourg 1867. — Der dazu gehörige Atlas. St.-Pétersbourg 1867.

Compte-rendu &c. pour l'année 1867. St.-Pétersbourg 1868. — Der dazu gehörige Atlas. St.-Pétersbourg 1868.

Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. Annee 1868. No. 1—3. Moscou 1868. 1869.

Az Erdélyi Muzeum-egylet Évi Tudósitása 1866—1867. Kolozsvártt 1868.

Annals of the Lyceum of Natural History of New-York. Vol. IX. No. 1—4. New-York 1868.

Proceedings of the American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting usefull knowledge. Vol. X. No. 78—80. Philadelphia 1867—69.

On some general Connotations of the Magnetism, und: Some Remarks on the fall of rain as affected by the moor. By P. E. Chase. From the Proceedings of the American Philos. Soc. 2/2 & 19/6 1868.

Memoirs read before the Boston Society of Natural History. Vol I. Part IV. Boston 1869.

Proceedings of the Boston Society of Natural History Vol. XII, p. 1—272.

Occasional Papers of the Boston Society of Natural History. Vol. I. Boston 1869. (Inhalt: Entomol. Correspondence of Th. W. Harris.)

Proceedings of the American Association for the advancement of science. Meeting 16. Cambridge 1868.

Proceedings of the American Academy of arts and sciences. Vol. VII, S. 345—Schluss. Boston & Cambridge 1868.

Annual Report of the Trustees of the Museum of Comparative Zoölogy at Harward College in Cambridge, together with the Report of the Director 1868. Boston 1869.

Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy, pag. 121—142.

Report of the National Academy of sciences. Congress 40, Session 1 & 2. (Mis. Doc. No. 44 & 106.)

The American Naturalist, a popular illustrated Magazine of Natural History. Vol. II. No. 1—12 (March 1868 — Febr. 1869.) Salem, Mass. (Peabody Academy of science.)

Proceedings of the Essex Institute. Vol. V. No. 7 and 8. (July—Dec. 1867.) Salem 1868.

Memoirs of the Peabody Academy of science, Vol. I. No. 1. Salem, Mass. March 1869.

An Oration delivered before the Cincinnati Astronomical Society on the occasion of the laying the corner stone of an astronomical Observatory 10/11 1843 by J. Q. Adams. Cincinnati 1843

The Annual Address delivered before the Cincinnati Astronomical Society. June 1845. By E. D Mansfield. Cincinnati 1845.

Inaugural Report of the Director of the Cincinnati Observatory, 30th June 1868. — Annual Report of the Director of the Cincinnati Observatory, 1st May 1869. Cincinnati 1869.

Annual Report of the Commissioner of Patents for the year 1866. Vol. I. II. III. Washington 1867.

Investigations in the Military and Anthropological Statistics of american Soldiers, by B. A. Gould. (Sanitary Memoirs of the War of the Rebellion.) New-York 1869.

Circular No. 2. War Department, Surgeon General Office. Washington 2/1 1869. Report on excisions of the head of the femur for gunshot injury. Washington 1869.

U. S. Sanitary Commission Memoirs. Statistical. Chartes illustrating Chap. V., »Ages of Volunteers«.

Outline of an Adress delivered before the Wisconsin State Agricultural Society 27/9 1860. Madison, Wisc. 1861.

Transactions of the Wisconsin State Agricultural Society. Vol. VII (1861—68). Madison 1868.

Statistics exhibiting the History, Climate and Productions of the State of Wisconsin. Madison, Wisc. 1869.

Zweiundzwanzigster Jahresbericht der Staatsackerbaubehörde von Ohio für d. J. 1867 (zweite Reihe). Columbus, Ohio 1868.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution for the year 1867. Washington 1868.

Journal of the American Oriental Society. Vol. IX. No. 1. New Haven 1869.

Einzelne Schriften.

Dr. K. Bartsch, Die lateinischen Sequenzen des Mittelalters in musikalischer und rhythmischer Beziehung. Rostock 1868.

Allgemeines Clima der Schweiz, von A. Mühry. (Aus »Allgemeine Statistik der Schweiz«.)

Illustrazioni filologico-comparative alla Grammatica greca del Dott. G. Curtius, scritte da lui medesimo, con sua licenza tradotte dal tedesco e corredate di un proemio &c. per cura del Dott. F.-Gh. Fumi. Napoli 1868.

Ueber die Grenze zwischen Jura- und Kreideformation, von P. Merian. Basel 1868.

Die nordische Parzivalsaga und ihre Quelle, von Eugen Kolbing. Aus der Germania No. 2, 14. Jahrgang. Wien 1869.

Ueber die Bestimmung der Längendifferenzen mit Hülfe des electrischen Telegraphen. Inaugural-Dissertation von C. Th. Albrecht. Leipzig 1869.

On Hydrofluoric Acid. By G. Gore.

Mousses des environs de Cherbourg Par Aug. Le Jolis.

De l'Influence chimique des terrains sur la dispersion des plantes. Par Aug. Le Jolis.

Des prétendues origines scandinaves du Patois Normand, par Aug. Le Jolis. (Extrait de la Revue de la Normandie, Févr. 1869.)

Die Porphyrgesteine Oesterreichs aus der mittleren geologischen Epoche. Von Dr. G. Tschermak. Wien 1869.

L'empire de la Logique, essai d'un nouveau système de philosophie par Sébastien Turbiglio. Turin 1870.

Zoophyten und Echinodermen des Adriatischen Meeres, von Prof. Cam. Heller. Wien 1868.

Vegetationsverhältnisse von Croatien, von Dr. Aug. Nilreich. Wien 1868.

Offenes Schreiben an Hrn. Franz Maurer, als Erwiederung auf dessen Schmähschrift: Nicobariana, Berlin 1868, von G. Ritter v. Frauenfeld.

A comparative Dictionary of the Non-Aryan languages of India and High Asia by W. W. Hunter. London 1868.

Materials for a Fauna and Flora of Swansea and the neighbourhood, by C. W. Dillwyn. Swansea 1848.

Die Bäder von Bormio und die sie umgebende Gebirgswelt. Th. I. Landschaftsbilder, Bergfahrten und naturwissenschaftliche Skizzen von G. Theobald und J. J. Weilenmann. (Gedruckt in Chur ohne Jahrszahl.)

Das Schwefelbad zu Alveken im Kanton Graubünden nebst den benachbarten Mineralquellen von Tiefenkasten und Salis, von Dr. Victor Weber. Chur 1868.

Die Thermen von Bormio in physikalisch-chemischer, therapeutischer, klimatologischer und geschichtlicher Beziehung, von Dr. Meyer-Ahrens und Chr. Gr. Brügger. Zürich 1869.

Histoire naturelle des Crustacés d'eau douce de Norvège, par G. O. Sars. 1e livraison. Les Malacostracés. Christiania 1867.

Traité élémentaire des fonctions elliptiques, par O. J. Broch. Christiania 1867. (Bogen 10—19, Schluss.)

Teoria fondamentale degli spazii di curvatura costante. Memoria del Prof. Eugenio Bertrami a Bologna. Milano 1868.

Sopra una lezione del Caval. Prof. Tommaso Vallauri intorno al Germanismo nelle lettre latine, discorso del Caval. Prof. Giuseppe Spezi, estratto dal Giornale romano Il Buonarroti. 1868.

Archives du Musée Teyler. Vol. I. Fasc. 4. Harlem 1868. Vol. II. Fasc. 1. et 2. Harlem 1869.

Ueber den Durchgang der strahlenden Wärme durch Sylvin. Von H. Knoblauch. Berlin 1869.

Stalmann, Ueber die Darstellung der Furfurinsäure u. s. w. Braunschweig 1867.

Kraushaar, Ueber Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas auf Diazosalicylsäure u. s. w. Cassel 1868.

Lebahn, Ein Beitrag zur Kenntniss der Wirkung der Kakodylsäure. Rostock 1868.

Weise, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Zelle. Rostock 1867.

Ullathorne, On a new System of connecting the Unterground Mine-Survey with that of the Surface. Rostock 1868.

Weidner, Untersuchungen normalen und pathologischen Harns. Preisschrift. Rostock 1867.

Schlottmann, Zur Diagnose und Therapie der organischen Harnröhrenverengerungen. Rostock 1867.

L. H. de Fontaine, De divinationis origine ac progressu. Rostochii 1867.

J. Fr. Th. Gravemann, Ueber die Gründe, mit denen Lessing in seinem Laokoon zu beweisen sucht, dass bei den Griechen das Princip der Kunst die Schönheit gewesen, und was von diesem Princip überhaupt zu halten sei. Rostock 1867.

J. Riddock, De Romanorum institutione scholastica. Rostochii 1867.

J Fisch, De saturae Romanorum natura. Rostochii 1867.

H. Wingerath, Der Ursprung des Princips der Silbenzählung in der deutschen Metrik. Rostock 1867.

R. C. Pluckett, De marmoribus tribus cyrenaicis quae ad Cyrenae fabulam illustrandam pertinent. Bonnae 1868.

St. P. Lampen, The New World and its new sects. Rostock 1868.

L. Noack, Kritik der Lehre Kant's über die sittliche Freiheit. Frankf. a. O. 1868.

A. Bölcke, Ueber Platons Beweise für die Unsterblichkeit der Seele. Berlin 1868.

J. G. C. Burmann, De poetis comoediae atticae antiquae, qui commemorantur ab Aristophane Berolini 1868.

Danmarks Politik under den svensk-russiske Krig fra 1788—1790 af Edv. Holm. Kjøbenhavn 1868.

Om Integrationen af Differentialligninger af Adolph Stern. Kjøbenhavn 1868.

Kritiske Bidrag til Grækenlands gamle Geographie af J. L. Ussing. Kjøbenhavn 1868.

Studier til Danmarks Historie i det 13de Aarhundrede. Første Stykke. Underhandlingerne om Kong Valdemar den Anders Fangenskab; Grevskabet Nørrehalland af C. Taladen-Müller. Kjøbenhavn 1869.

Additamenta ad historiam Ophiuridarum af Chr. Fr. Lütker, Dr. phil. Afdeling 3. Kjøbenhavn 1869.

Conspectum avium picinarum edidit C. J. Sundevall. Stockholmiae 1866.

Die Thierarten des Aristoteles von den Classen der Säugethiere, Vögel, Reptilien und Insekten, von C. J. Sundevall. Uebersetzung aus dem Schwedischen. Stockholm 1863.

Om Gotlands Nutida Mollusker af G. Lindström. Wisby 1868.

Hemiptera Africana descripsit Carolus Stål. Tomus 1—4. Holmiae 1864—66.

Catalogue de livres de Zoologie, d'Anatomie comparée et humaine, et de Paléontologie &c. en vente aux prix marqués chez Fréd. Muller à Amsterdam. 1868.

D. R. Poppy, On the Existence of a supreme being. Rostock 1867.

Wenzel I. Herzog von Liegnitz. Ein Beitrag zur Schlesischen Geschichte von C. J. Schuchard. Berlin 1867.

Pianta antica della Città di Trento. Osservazioni e memorie di Fr. Ranzi, Imprenditore. Trento 1869.

Libro decimoquarto della Politica del Gran Commendatore Salvatore Fenicia. Bari 1868.

Rivelazioni astronomiche aggiunte alla Declamazione filos. di Ces. Cl. Orlandini. Bologna 1869.

Τὸ τί ἦν εἶναι. Die Idee Shakespeare's und deren Verwirklichung. Sonettenerklärung und Analyse des Dramas Hamlet, von Carl Karpf. Hamburg 1869.

Bericht über die im J. 1868 den Herzoglichen Sammlungen des Schlosses Friedenstein zugegangenen Geschenke.

SITZUNG AM 6. FEBRUAR 1869.

Arbeiten aus dem landwirthschaftlich-chemischen Laboratorio der Universität Leipzig, mitgetheilt von *W. Knop*.

(Ueber die Bedeutung des Eisens, Chlors, Broms, Jods und Natrons als Pflanzennährstoffe.)

Im Zusammenhang mit meinen früheren Arbeiten über die Ernährung der Pflanze habe ich im Lauf des Sommers 1868 besondere Versuche über den Einfluss der Eisensalze auf das Ergrünen der Chlorophyllkörner ausgeführt und noch weiterhin geprüft, wie weit das Chlor zur Ausbildung der verschiedenen Organe der Pflanze etwas beiträgt.

Im Anschluss an diese Untersuchungen hat Herr *Dircks* aus Norwegen es übernommen, die Wirkung der Bromide und Jodide mit der der Chloride zu vergleichen, und Herr Dr. *Weigelt* aus Stettin das Verhalten des Jod- und Bromnatriums und der Natronsalze überhaupt zur Pflanze zu studiren begonnen.

Bei Anlage dieser Arbeiten kamen wir überein, die Nährstofflösungen in den Verhältnissen herzustellen, wie bei derjenigen kieselsäure- natron- und chlorfreien Lösung, die ich in den letztverflossenen Jahren wiederholt mit günstigem Erfolg bei dergleichen Untersuchungen benutzt habe, und auch diese selbst mit anzuwenden. Diese Flüssigkeit enthält folgende Salzmischung:

4 Gew.-Th. salpetersauren Kalk,
1 » salpetersaures Kali,
1 » phosphorsaures Kali,
1 » kryst. Bittersalz

in Auflösung. Beim Gebrauch suspendirt man darin noch einige Centigramme phosphorsaures Eisenoxyd.

Die angegebene Menge phosphorsaures Kali bezieht sich auf wasserfrei gedachtes Salz: KO, PO_5, wird aber in Form des sauren Salzes: $KO, 2HO, PO_5$ gegeben, von welchem man die entsprechende Menge zu berechnen hat.

Das krystallisirte Bittersalz enthält ziemlich genau die Hälfte seines Gewichtes wasserfreie schwefelsaure Talkerde MgO, SO_3.

Die Concentrationen, in welchen wir vorstehende Mischung den Pflanzen darboten, waren theils 0,5, theils beinahe 2 pro Mille destillirten Wassers.

Diese Flüssigkeit wurde bei den verschiedenen Versuchen zum Theil durch Auslassen eines und des anderen Salzes, zum Theil durch besondere Zusätze modificirt.

1. Versuche über die Wirkung der Eisensalze auf das Ergrünen der Chlorophyllkörner.

Man hat meistens alle die Fälle, in welchen die höher organisirte Pflanze den grünen Farbstoff nicht normal entwickelt und daher ein bleiches, weisses oder mehr oder weniger gelbes Ansehen annimmt, als eine Krankheitserscheinung aufgefasst und diese mit dem Namen »Chlorose« bezeichnet.

Ein solches Erbleichen erscheint bekanntlich jedesmal, wenn man in dunklen Räumen Samen keimen, oder Knollen und Zwiebeln zum Treiben kommen lässt. Sobald auf diese Weise chlorotisch gewordene Pflanzen dem Lichte ausgesetzt werden, ergrünen dieselben. Hier ist also lediglich der Mangel an Licht Ursache der Bleichsucht, bei einigen Pflanzen ist es auch Mangel an Wärme, und nicht die Abwesenheit eines zum Aufbau der Pflanzenorgane nothwendigen Stoffes. Von dieser Art Bleichsucht ist hier weiter nicht die Rede.

Bei vielen Pflanzen beobachtet man, bei voller Insolation, besonders auf den Blättern, das Auftreten mehr oder weniger weit ausgedehnter weisser Stellen. Untersucht man die Zellen an diesen Orten, so findet man, dass sie keine Chlorophyllkörner enthalten, oder richtiger, dass sie zu wenig Chlorophyll enthalten, um für das blosse Auge grün aussehen zu können. Solche grün und weiss gestreifte Blätter sind eine sehr gewöhnliche Erscheinung, und die Pflanzen, welche sie führen, verhalten sich im Uebrigen meistens wie ganz gesunde Pflanzen.

Manche Species und Spielarten erscheinen so regelmässig mit bunten Blättern, als gehörten solche ihnen normal an, wie z. B. die in die Gärten verpflanzte Phalaris arundinacea, das Bandgras, u. v. a.

Ebenso häufig als das Auftreten weisser Flächen im Blattparenchym beobachtet man aber auch die Erscheinung, dass Blätter zuerst gelb, statt grün, aus Samen und Knospen hervorbrechen und später diese Farbe beibehalten oder nach und nach ihr eigenthümliches Grün annehmen. Einige Botaniker haben diesen Zustand bereits mit dem Namen »Gelbsucht, Icterus« bezeichnet. Meine Arbeit fordert nun, diesen Unterschied festzuhalten. Untersucht man solche gelbsüchtige Blätter näher, so überzeugt man sich leicht, dass hier keineswegs das Fehlschlagen von Chlorophyllkörnern die Ursache der Krankheit ist. Die gelbsüchtigen Zellen enthalten im Gegentheil reichlich Chlorophyll, meist aber bleibt das Korn desselben kleiner als in den grünen Partien der Blätter derselben Pflanze. Der wesentliche Unterschied, den ein gelbsüchtiges und normal grünes Blatt derselben Pflanze darbietet, besteht nur darin, dass der Farbstoff der Chlorophyllkörner in dem einen Fall einen gelben, in dem anderen einen grünen Ton hat.

Was nun die vorhandenen Beobachtungen über die Heilung der Chlorose bei Pflanzen durch Eisensalze anbelangt, so bleibt man meistens darüber im Unklaren, ob man jene von Mangel an Chlorophyllkörnern herrührenden weissen Färbungen sonst grünen Parenchyms, oder Gelbsucht gemeint hat. Dieses gilt von allen den nächstfolgenden Angaben.

Zuerst (1843 und 1844 [1]) hat der französische Chemiker *Eusèbe Gris* und darauf (1857 [2]) *Arthur Gris*, der Sohn, angegeben, dass chlorotische Pflanzen ergrünen, sobald man dieselben mit den Wurzeln in verdünnte Lösungen eines Eisensalzes stellt. Dieselben Beobachter wollen auch gesehen haben, dass chlorotische Blätter in wenig Tagen ergrünten, wenn sie mit der Lösung von Eisenvitriol bestrichen wurden.

Lassaigne dagegen, der noch später (1852 [3]) Versuche über die Wirkung der Eisensalze auf im Boden vegetirende Pflanzen

1) *E. Gris*, Comptes rend. T. 25. p. 276.
2) *A. Gris*, Ann. des sc. nat. T. 7. p. 201.
3) *Lassaigne*, Journ. de Chim. méd. 3. Ser. T. 8. p. 264.

anstellte, behauptet, dass die löslichen schon in geringen Mengen schädlich auf die Vegetation einwirken, während die unlöslichen und das durch reichlichen Kalkgehalt eines Bodens aus löslichen Eisensalzen ausgeschiedene Eisenoxyd der Pflanze weder nützlich noch schädlich seien.

Die Angaben der beiden *Gris* hat man später meistens ohne weiteres angenommen, während die Abhandlung von *Lassaigne* wenig bekannt geworden zu sein scheint.

Alle Experimentatoren, welche in neuerer Zeit Vegetationsversuche angestellt haben, stimmen nun darin überein, dass chlorotisch gewordene Pflanzen in kurzer Zeit wieder grün werden, wenn man dieselben mit den Wurzeln in sehr verdünnte Lösungen eines sauer reagirenden Eisensalzes, sei es ein Oxyd- oder Oxydulsalz, setzt. Dieses Factum ist für gewisse Krankheitserscheinungen unbestreitbar richtig.

Ganz abgesehen aber davon, dass man bei diesen Angaben nicht sicher ist, ob unter Chlorose eigentliche Bleichsucht zu verstehen ist, oder Gelbsucht, lässt die Frage, ob die Heilung der Krankheit wirklich vom Eisen ausgeht, noch Zweifel zu. Keiner der bisher ausgeführten Versuche gestattet nämlich darüber abzuurtheilen, ob das Ergrünen der bleichen Blätter vom Einfluss des Eisenoxyds, oder vom Einfluss der Säure, an welche dieses letztere im angewandten Salze gebunden war, herrührt.

Diese Frage aber müssen wir gegenwärtig um so mehr aufstellen, als wir auf Grund zahlreicher Versuche behaupten können, dass die Wurzeln der Pflanze erkranken, sobald die sie umgebende Nährstofflösung alkalisch wird.

Diese Erfahrung hat man nicht nur bei der Cultur der Pflanze in wässrigen Nährstofflösungen, sondern auch bei Vegetationsversuchen gemacht, bei welchen man künstliche oder natürliche Boden oder auch das freie Feld benutzte. In einem zu stark mit Aetzkalk gedüngten Ackerboden z. B. kommt eine Vegetation ebenso wenig fort, als eine Pflanze in einer vollständigen Nährstofflösung gedeiht, wenn man dieselbe nicht fortwährend neutral oder schwach sauer erhält.

Zu diesen Beobachtungen kommt noch eine andere, welche es wünschenswerth macht, über die Wirkung der Eisensalze auf die Pflanze noch weiter zu experimentiren. Zieht man nämlich eine grössere Anzahl Exemplare einer Pflanze in einer und derselben wässrigen Nährstofflösung, welcher man das Eisen

in Form von phosphorsaurem Eisenoxyd hinzugefügt hat, so tritt sehr häufig die Erscheinung ein, dass einige gelb werden, während die anderen grün bleiben. Bisweilen werden sämmtliche Exemplare gelbsüchtig, und in manchen Sommern kein einziges. Die Gelbsucht geht nicht selten in völlige Bleichsucht über, so dass die Blätter zuletzt ganz weiss aussehen; gewöhnlich sterben in diesen Fällen die Pflanzen bald nachher ab.

Analysirt man die Aschen solcher erkrankter Blätter, so findet man in denselben stets auch Eisenoxyd. Von einem völligen Mangel an Eisen in der Pflanze hängt die Krankheit also keinenfalls ab.

Schliesst man das Eisen ganz aus der Nährstofflösung aus, so gedeiht, wie viele Versuche, die Dr. *W. Wolf* und ich früher angestellt haben, beweisen, die Pflanze nicht normal, aber der Bedarf einer Pflanze, auch von ansehnlichem Körpergewicht, ist über alle Erwartung gering.

Eine Maispflanze kann in einer eisenfreien Lösung einige Fuss Höhe erreichen, ohne ihr gesundes Grün einzubüssen, so weit reicht bei manchen Spielarten das im ausgelegten Samen enthaltene Quantum Eisen aus.

Der Eisengehalt einer Eichel ist genügend, um die Entwicklung der Pflanze auf ein bis zwei Jahre hin mit zu unterhalten. Im zweiten und dritten Sommer indessen werden die Blätter der Pflanze gelb und bleich, wenn man der Wurzel nur eisenfreie Lösungen darbietet, und wieder grün, wenn man den Lösungen ein Eisensalz hinzusetzt.

Diese Wirkung haben nur die Eisenoxydsalze. Bei alledem erfüllen auch Oxydulsalze den Zweck, so der Eisenvitriol, wenn man sie in äusserst geringen Mengen anwendet, vortrefflich, weil sie sich in der Lösung sehr schnell oxydiren und einen Theil des Oxyds fest in das Gewebe der Wurzel niederschlagen. Hiernach wird der Wurzel das Eisen besser zugänglich, als wenn es in Form eines schwer löslichen Salzes in der umgebenden Lösung vorhanden ist. Für ein Exemplar unserer Getreide reichen 2 bis 5 Milligramme aus, um seinen ganzen Bedarf an Eisen zu decken. Pflanzen, welche aus Mangel an Eisen gelb, statt grün, geworden sind, können übrigens fortwachsen und eine ansehnliche Grösse erlangen. Den Mais habe ich in solchem Zustande bis zur Blüthe gebracht. Er entwickelt sowohl die männliche als weibliche Blüthe, in allen Fällen aber,

die ich beobachtete, schlug der Pollen fehl, und daher habe ich von solchen gelb gewordenen Pflanzen, obschon ich dieselben eine Höhe von 7 und 8 Decimetern habe erreichen sehen, niemals Samen erhalten. Ob gelbsüchtiger Mais unter allen Umständen steril bleibt, muss noch festgestellt werden.

Jedenfalls ist leicht einzusehen, dass, wenn man die Wirkung der Eisensalze auf die Pflanzenkrankheiten studiren will, deren ich hier gedacht habe, die eigentliche, auf Mangel an Chlorophyllkörnern beruhende Chlorose vom Icterus unterschieden werden muss. Sollte das Eisen die erstere Krankheit heilen, so müsste es auf das Protoplasma den Einfluss ausüben, dass dieses zur Ausscheidung sowohl des eiweissähnlichen Substrates als des grünen Farbstoffs der Chlorophyllkörner schritte, während bei der Gelbsucht das Eisensalz nur den Farbenton schon vorhandenen Chlorophylls zu ändern hätte. Ich habe meine Versuche mit Eisensalzen sowohl auf chlorotische als auf gelbsüchtige Pflanzen ausgedehnt, sie sind folgende gewesen.

A. Versuche an chlorotischen Pflanzen.

Zuerst habe ich die Versuche von *Gris* an chlorotischen Blättern wiederholt. Die meisten wurden an der Phalaris arundinacea im Garten und mit bleichsüchtigem Mais gemacht. Ich habe die weissen Streifen der Blätter bestrichen und beschrieben mit Lösungen von weinsaurem, citronensaurem, äpfelsaurem Eisen, mit Eisenvitriol- und Eisenchloridlösungen, aber auch niemals eine Wirkung dieser Salze auf die darunter liegenden Zellenschichten beobachten können. Das Eisensalz setzt sich zwar bisweilen sehr fest auf der Oberfläche, die mit seiner Lösung benetzt ward, ab und macht hier einen deutlichen Fleck, aber niemals sieht man die darunter liegenden Zellen ergrünen. Untersucht man die Stellen unter dem Eisenfleck später, nach Wochen und Monaten, so zeigt sich nirgends eine Vermehrung der Chlorophyllkörner. Ich kann daher nicht zugeben, dass man den Eisensalzen die Wirkung zuschreibe, das Protoplasma zur Ausscheidung von Chlorophyllkörnern zu bestimmen, und glaube auch nicht, dass die von den beiden *Gris* gemachten Angaben über die Wirkung der Eisensalze auf die eigentliche Chlorose bezogen werden dürfen.

Auch wenn man den Wurzeln chlorotischer Pflanzen Eisen darbietet, ändert dieses nichts in der Erscheinung der Krankheit, während dieselbe umgekehrt in eisenfreien Lösungen verschwinden kann. Ich habe aus dem Garten mit der Wurzel ausgegrabene Exemplare des Bandgrases in der oben angegebenen Nährstofflösung mit und ohne Zusatz von phosphorsaurem Eisenoxyd weiter vegetiren lassen. Später zeigte es sich, dass über der Erde abgeschnittene Halme, in dieselbe gestellt, in wenig Tagen zahlreiche Wurzeln aus den unteren Halmknoten trieben und in jener Lösung wie die ersteren neue beblätterte Schösslinge hervorbrachten.

In keinem Falle habe ich bei solchen Versuchen, mochte die Lösung eisenhaltig oder eisenfrei dabei sein, beobachten können, dass von den schon vorhandenen weissen Streifen der Mutterpflanze irgend einer ergrünte, während bei dieser Ernährung durch ein wässriges Medium die jungen neuen Schösslinge häufig nur äusserst schmale weisse Streifen bekamen, viele auch ganz vollständig grün hervorbrachen und später beim Auswachsen ganz und gar grün blieben, wenn auch die Lösung ganz eisenfrei in Anwendung gekommen war.

Hier kann also die Ursache, dass diese jungen Triebe keine Chlorose zeigten, nur daher kommen, dass sie sich in dem Medio, das der Pflanze von Natur zusagt, befanden, und das Auftreten der Chlorose bei der Gartenpflanze muss bis zu einem gewissen Grade davon herrühren, dass die Pflanze in trocknem Erdreich einen anderen Gang der Entwicklung einschlägt als in Wasser.

In Uebereinstimmung damit, dass nicht das Eisen die Ursache der Heilung der Chlorose ist, steht die Erfahrung, dass die Phalaris im Garten, wenn man die Plätze, wo sie wächst, mit Eisenoxydhydrat oder phosphorsaurem Eisen düngt, keineswegs die weissen Streifen verliert, während fast überall aus den Rasen der gestreiften Pflanze andere Gräser, welche von Natur den trocknen Boden lieben, grün emporschiessen. Ich halte es übrigens bei der Düngung mit Auflösungen von Eisensalzen für möglich, dass die Phalaris neue völlig grüne Schösslinge treiben kann, wenn sie nachher fleissig begossen wird, glaube aber, dass die Chlorose, wenn sie unter solchen Umständen verschwindet, durch die Nässe und nicht durch das Eisen geheilt wird.

Was die Wirkung der Eisensalze im Boden anlangt, so wird man im Ganzen *Lassaigne*'s Beobachtungen bestätigt finden, nur werden seine Angaben, dass die löslichen Eisensalze schon in geringen Mengen schädlich auf die Vegetation wirken, auf die Eisenoxydulsalze zu beschränken sein, welche, wie ich selbst schon früher nachgewiesen habe, gleich allen reducirenden Substanzen der Vegetation nachtheilig sind. Auch hier ist es aber nicht die Materie Eisenoxydul, sondern deren sauerstoffentziehende Kraft, welche den Nachtheil bringt, und denselben Erfolg hat die Behandlung der Pflanze mit Schwefeleisen, schwefliger Säure, Schwefelwasserstoff und anderen Reductionsmitteln.

B. Versuche über die Ursache der Gelbsucht.

Wie schon oben angegeben, hatte sich bei den Versuchen über die Frage, ob das Eisen zu den Pflanzennährstoffen gehört, schon herausgestellt, dass bei Mangel an Eisen sich stets Gelbsucht der Blätter einstellt. Es blieb daher noch übrig, zu ermitteln, ob diese Erscheinung nicht etwa eine bloss begleitende ist. Ein Gelbwerden der Blätter beobachtet man nicht selten auch in den Fällen, wo man Pflanzen durch alkalische Lösungen oder besondere schädliche Stoffe vergiftet hat. Allerdings pflegt sich diese Erscheinung schon von vorn herein anders darzustellen, als bei der eigentlichen Gelbsucht. Bei der letzteren bleibt die Pflanze sammt den gelbsüchtigen Blättern vollsaftig und frisch, während sie nach der Einwirkung schädlicher Stoffe gewöhnlich vorher oder mit dem Vergilben zugleich welk wird und bald darauf abstirbt. Von diesen letzteren Krankheiten sehe ich hier ab und handle nur von derjenigen Gelbsucht, welche in eisenfreien Lösungen entsteht und nach Zusatz eines Eisensalzes verschwindet.

In dieser Beziehung war, wie oben schon vorausgeschickt worden, noch festzustellen, ob die Gelbsucht in der That durch das der Wurzel dargebotene Eisen, oder durch die Säure des Eisensalzes geheilt wird.

Es kam also darauf an, die bisherigen Versuche mit Eisensalzen noch durch Anwendung solcher Eisenverbindungen zu vervollständigen, welche unter keiner Bedingung den Grad der Ansäuerung der Nährstofflösung erhöhen können. Solche Eisen-

verbindungen besitzen wir in dem rothen und gelben Blutlaugensalz. Ich muss gestehen, dass ich mit sehr geringen Erwartungen zur Anwendung eines dieser Salze schritt, weil sich von vorn herein nicht einsehen liess, wie eine Pflanze eine Cyanverbindung verarbeiten sollte, und doch haben gerade diese Versuche rasch zum Ziel geführt. Ich habe dabei das gelbe Blutlaugensalz, Kaliumeisencyanür, in Anwendung gebracht.

Mit Hülfe der oben (S. 1) angegebenen Nährstofflösung gelingt es sehr leicht, eine grössere Anzahl von Maisexemplaren gelbsüchtig zu machen. Die Bedingungen dazu sind: starke Verdünnung der Lösung und Ausschluss des phosphorsauren Eisenoxyds. Bei meinen Versuchen betrug die Concentration der eisenfreien Lösungen, mit welchen der Mais gelbsüchtig gemacht wurde, 0,5 pro Mille, d. h. ein Liter destillirtes Wasser erhielt im Ganzen 0,5 Gramme des ganzen Salzgemisches.

Diese Concentration hat sich zur Ernährung der Maispflanze bei anderen Versuchen als etwas zu schwach gezeigt. Besser gedeiht der Mais in einer Lösung, welche beinahe 2 pro Mille Concentration hat. Eine solche Lösung erhält man, wenn man in einem Liter Wasser auflöst:

1,00	Gramme	salpetersauren Kalk,
0,25	»	salpetersaures Kali,
0,25	»	phosphorsaures Kali,
0,25	»	kryst. Bittersalz,
1,75	Gramme	Salze im Ganzen.

Diese Flüssigkeit löst in Folge des Gehaltes an phosphorsaurem Kali so wenig Eisenoxyd und Oxydul, dass der Mais, den man darin bei Zusatz von phosphorsaurem Eisenoxyd zieht, auch gelbsüchtig wird, wenn man dieses Salz nicht durch öfteres Aufblasen in der Nährstofflösung suspendirt und auf die Wurzeln sich absetzen lässt. Wendet man diese Lösung eisenfrei an, so bleibt auch der vorher in einer Lösung von 0,5 pro Mille Salzgehalt gelbsüchtig gemachte Mais darin gelbsüchtig, die blosse Steigerung der Concentration hebt also die Krankheit nicht.

Bei den Versuchen mit Blutlaugensalz fügte ich nun 0,05 Gramme desselben zu 500 Cub.-Cent. der eben angegebenen Lösung von 1,75 Salzgehalt pro Mille destillirten Wassers. 0,05 Grm. Blutlaugensalz enthalten ziemlich genau 0,005 Grm. Eisen.

Vom gelbsüchtigen Mais nahm ich jedesmal 10 oder 12 Stück, von anderthalb bis zwei Decimeter Höhe und einzelne von bedeutenderer Grösse, und pflanzte jedes einzelne Exemplar in 500 Cub.-Cent. der mit Blutlaugensalz versetzten Nährstofflösung. Zu gleicher Zeit habe ich eine Eiche und eine Rosskastanie, die beide im Herbst und Winter 1864 auf Wasser gekeimt und seit der Zeit in einer wässrigen Nährstofflösung fortcultivirt waren, ferner Buchweizen und Kresse, letztere in vielen Exemplaren, in derselben Lösung gezogen.

Alle diese verschiedenen Pflanzenspecies änderten die blutlaugensalzhaltigen Nährstofflösungen sehr sichtbar ab. In denselben schied sich nämlich nach Verlauf von 8 bis 14 Tagen ein verhältnissmässig starker Niederschlag von Berlinerblau aus. Die Kresse, der Buchweizen, die Rosskastanie und Eiche behielten darin ihre grünen Blätter und die gelbsüchtigen Maispflanzen liessen meistens schon am zweiten Tage ein Ergrünen in der Nähe der Blattnerven erkennen. Unzweifelhaft trat dieses am dritten Tage hervor und meistens schon am vierten waren die Blätter gelb und grün gestreift. Am folgenden Tage flossen die grünen Streifen gewöhnlich unter der Spitze der Blätter zusammen, von wo aus dann das Ergrünen des ganzen Blattparenchyms rasch nach der Basis der Blätter fortschritt. Meistens waren sämmtliche Pflanzen nach Verlauf von 8 Tagen satt grün gefärbt.

Stellt man an denselben Orten, an welchen die Pflanzen stehen, gleiche mit derselben Lösung gefüllte Gefässe ohne Pflanze auf, so überzeugt man sich, dass die Lösung an und für sich kein Berlinerblau absetzt, dass die Ausscheidung desselben also durch die Wurzelthätigkeit erfolgt.

Da das Blutlaugensalz ebenso wenig wie die Blausäure den Säuregrad der Lösung vermehren kann, die Ausscheidung von Berlinerblau aber anzeigt, dass dem Salze Cyankalium entzogen sein muss, das die Lösung oder den Pflanzensaft, falls es in denselben gelangte, nur alkalisch machen könnte, so giebt dieser Versuch, verbunden mit der Erfahrung, dass andere sauerreagirende Eisensalze gleichfalls die Gelbsucht der Blätter aufheben, den endgültigen Beweis, dass die Gelbsucht aus Mangel an Eisen entsteht und durch Zufuhr von Eisen wieder gehoben wird.

Dieser Beweis wird noch schlagender durch den Umstand,

dass das Blutlaugensalz im Ganzen schädlich auf die Pflanze einwirkt und in keinerlei Weise das Wachsthum der Pflanze fördert.

Alle Pflanzen nämlich, die oben erwähnten gelbsüchtigen wie auch einige andere grüne Maispflanzen, welche in anderen Lösungen schon über ein halbes Meter Höhe erreicht hatten, blieben auf dem erlangten Puncte des Wachsthums stehen, ohne übrigens weitere Krankheitserscheinungen zu zeigen, wenn man der Nährstofflösung, mochte sie vorher phosphorsaures Eisenoxyd enthalten oder nicht, Blutlaugensalz hinzufügte. Sie vegetirten alle bis zum Herbst, wo sie ihr natürliches Ende erreichten, fort. Dabei habe ich, ausser im Gewächshause, auch einige Exemplare vor dem Fenster an freier Luft den ganzen Sommer hindurch stehen gelassen. Welche Höhe dieselben vor dem Zusatz des Blutlaugensalzes auch hatten, von einem Decimeter bis zu 7 bis 8 Decimetern, sie kamen keinen Schritt weiter. Ebenso blieben die Blätter in ihrer Entwicklung stehen und bei einigen Exemplaren, bei denen ich die Nährstofflösungen mit dem Doppelten und Dreifachen der angegebenen Menge Blutlaugensalz versetzt hatte, zeigte sich constant eine Beschleunigung des natürlichen Verlaufs der Vegetation; die unteren Blätter zuerst und darauf die oberen fingen von den Spitzen an zu vertrocknen, alle nahmen einen rostfarbenen Ton an, ohne vorher etwa zu welken oder sonstige tiefer greifende Krankheitserscheinungen erkennen zu lassen.

Die Eiche und die Rosskastanie habe ich, nachdem sie einige Wochen in der mit Blutlaugensalz versetzten Lösung gestanden hatten, wieder in meine gewöhnliche (S. 1) gestellt. Beide Pflanzen haben vom Blutlaugensalz keinen Nachtheil erlitten, im Herbst zahlreiche Nebenwurzeln getrieben und die Eiche schlägt jetzt, Ende Januar, ganz gesund wieder aus. Dabei haben noch mehrere Wurzeln blaue Flecke von dem ausgeschiedenen Berlinerblau.

Diese Wirkung des Blutlaugensalzes ist im Vergleich mit anderen schädlich wirkenden Substanzen sehr merkwürdig. Versetzt man die obige Nährstofflösung mit giftigen Stoffen, z. B. freiem Alkali, freien Säuren oder der Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, so tritt zuerst ein Erschlaffen der Blätter und Welkwerden ein, während das Blutlaugensalz bei sehr geringen Gaben nur das Wachsthum der Pflanze zum Stillstehen bringt

und bei etwas stärkeren den natürlichen Verlauf der Vegetation beschleunigt und auf diesem Wege allerdings den Tod der Pflanze früher herbeiführt.

Nach diesen Resultaten erhebt sich die Frage, wie bewirkt das Eisen den Uebergang der gelben Färbung der Chlorophyllkörner in die grüne? Ist es eine blosse Reaction? Oder erzeugt das Eisen, entsprechend der *Fremy*'schen Ansicht, dass der Chlorophyllfarbstoff ein Gemenge von einem gelben und einem blauen Körper sei, etwa einen blauen Farbstoff, der nach und nach in die gelben Chlorophyllkörner infiltrirt?

Diese Fragen bleiben noch zu beantworten übrig. Da man nach dem oben angegebenen Verfahren jederzeit eine beliebige Anzahl Maispflanzen gelbsüchtig machen kann, so wird es in Zukunft keine Schwierigkeiten haben, so viel von dem gelben Farbstoff zu gewinnen, dass sein Verhalten zu Eisenlösungen direct geprüft werden kann. Ich werde diese Versuche im bevorstehenden Sommer anstellen.

Dass das Blutlaugensalz als solches die grüne Farbe des Chlorophylls nicht hervorruft, geht aus folgenden Thatsachen hervor.

Zuerst zeigt schon die blutlaugensalzhaltige Nährstofflösung, weil sie für sich kein Berlinerblau ausscheidet, dass die Wurzel dieses Salz zersetzt. Innerhalb der Pflanze trifft man darauf zu keiner Zeit unzersetztes Blutlaugensalz an. Die Maispflanze sondert, besonders wenn sie in Lösungen vegetirt, die weniger als 2 pro Mille Salzgehalt besitzen, Morgens, häufig auch gegen Abend, an den Spitzen des Mittelnervs und der Seitennerven der Blätter starke wasserklare Tropfen ab. Von einem Dutzend Pflanzen kann man in einer Woche leicht an hundert solcher Tropfen sammeln. Diese enthalten weder Blutlaugensalz, wenn man solches den Nährstofflösungen zugefügt hat, noch Eisen, wenigstens zeigen unsre schärfsten Reagentien nichts von beiden an.

Ebenso wenig lässt sich durch Eisenchlorid ein Blutlaugensalzgehalt in dem Safte nachweisen, den die Blätter und Stämme beim Zerreiben mit Wasser liefern; auch wenn man diese Flüssigkeit durch Eindunsten concentrirt hat, entsteht darin durch Eisenchlorid keine Bläuung.

Macht man Längsschnitte von den Wurzeln, welche einige Monate in den Blutlaugensalzlösungen gestanden haben, nach–

dem man die anhängende Lösung abgespült und die Wurzeln eine Zeit lang auf Fliesspapier hat abtrocknen lassen, und legt diese Schnitte nachher in die Lösung eines Eisenoxydsalzes, so sieht man weder mit blossem Auge irgendwo eine Bläuung, noch unter dem Mikroskope irgend eine Zelle blau gefärbt, soweit die Wurzel gesund ist. Nur stellenweise findet man eine und die andere Zellengruppe und die 9 bis 11 grossen getüpfelten Gefässe, welche die Maiswurzel der Länge nach concentrisch um das Mark durchlaufen, gebläut, immer aber an solchen Stellen, wo aussen eine Nebenwurzel abgefault, also eine Verletzung stattgefunden hat. Gerade durch das Auftreten solcher vereinzelten blauen Stellen überzeugt man sich, dass im gesunden Gewebe und Saft der Wurzel nirgends Blutlaugensalz nachzuweisen ist. Das Eisen, welches die Färbung der Chlorophyllkörner veranlasst, wird jedenfalls in einer anderen Form vom Protoplasma aufgenommen und durch dasselbe den Chlorophyllkörnern mitgetheilt.

Weder Eisensalze überhaupt, noch speciell das Blutlaugensalz verbreiten sich nämlich durch den wässrigen Zellsaft im Pflanzenkörper.

Ich habe im Laufe dieses Sommers Versuche an sehr verschiedenen Pflanzen angestellt, an Umbelliferen, Rosen, Azalea, Obstbäumen und Weiden.

Ich injicirte mit Hülfe zweier der Instrumente, welche die Aerzte zu den subcutanen Einspritzungen gebrauchen, nachdem ich von der hohlen Nadel vorn die Zunge abgebrochen und das Ende wieder scharf geschliffen hatte, die Lösungen von äpfelsaurem, citronensaurem, salzsaurem Eisenoxyd und Eisenvitriol an Stellen, welche ich mit Papier oder etwas Oelfarbe bezeichnete, und darauf an einer Stelle in geringer Entfernung darüber und einer anderen darunter, eine Lösung von Blutlaugensalz. Anderen Exemplaren injicirte ich oben und unten das Eisensalz und an einer Stelle in der Mitte das Blutlaugensalz. Dabei habe ich diese Injectionen in die Rinde, bei Hollunder-, Obstbaum- und Weidenzweigen ins Mark, bei verschiedenen Bäumen in den Splint gebracht. Nach Wochen und nach Verlauf von einem Monat und mehreren Monaten schnitt ich die bezeichneten Stellen auf. Bei der Besichtigung der blossgelegten Flächen habe ich in keinem einzigen Falle eine blaue Stelle gefunden, die sich hätte zeigen müssen, wenn das

Eisensalz oder Blutlaugensalz im Zellsaft sich nach oben oder nach unten verbreitet hätte.

Was das Ergrünen von gelbsüchtigen Blättern anbetrifft, wenn solche oberflächlich mit Eisenlösungen bestrichen werden, so habe ich bei allen bisher angestellten Versuchen kein deutliches Resultat erhalten. Auf manchen Blättern erscheint die mit Eisenlösung benetzte Stelle nach dem Eintrocknen wohl dunkler, allein ein eigentliches Ergrünen der unter diesen Flecken liegenden Chlorophyllkörner war nicht zu erkennen.

Für gewiss halte ich es nun, dass ohne Eisen das Chlorophyllkorn nicht seine grüne, sondern eine gelbe Farbe annimmt, und dass das Gelbwerden von Pflanzen in Lösungen, welchen man Eisensalze absichtlich hinzugesetzt hat, daher kommt, dass unter Umständen nicht so viel Eisen in Lösung übergeht und mit der Wurzel in Berührung kommt, als nothwendig. In neutralen und sehr schwach sauren Lösungen werden die Pflanzen demnach leichter gelbsüchtig werden, als in etwas stärker angesäuerten Lösungen und in solchen, welche durch den Eingriff der Wurzelthätigkeit im Verlauf der Vegetation saurer werden, als sie es zu Anfang waren. Ein solches Sauerwerden tritt in Lösungen ein, welche Chlorverbindungen enthalten (beim Salmiak Dr. *Gust. Kühn*, bei anderen Chloriden Dr. *Biedermann*), und es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass die Salzsäure, die ich nach meinen früheren und in Folgendem zu beschreibenden neuen Versuchen nicht für einen Pflanzennährstoff halten kann, durch diese Eigenschaft der Vegetation förderlich werden könne.

2. Versuche über die Bedeutung des Chlors für die Pflanze.

Gleich bei meinen ersten Versuchen, Pflanzen in wässrigen Lösungen ihrer Nährstoffe zu ziehen, habe ich die Chloride von den Nahrungsmitteln der Pflanze ausgeschlossen.

Seit der Zeit haben zuerst *Nobbe* und *Siegert* und später *Leydhecker* und *Hampe* gezeigt, dass Pflanzen, namentlich der Buchweizen, auch in Lösungen, welche verhältnissmässig ein ansehnliches Quantum der Basen an Chlor gebunden enthalten, ganz vorzüglich gedeihen.

Vergleichende Versuche, welche *Nobbe* und *Siegert* und viele, welche ich angestellt habe, lehrten bereits, dass bei ge-

wissen Verhältnissen der Nährstoffe in den Lösungen der Buchweizen sich wohl entwickelt und zur Blüthe gelangt, aber keine Früchte trägt, wenn die Nährstofflösungen ganz frei von Chloriden sind.

Es ist auf Grund dieser Versuche die Ansicht geltend gemacht worden, dass das Chlor zu denjenigen Mineralbestandtheilen gehöre, welche nothwendig sind, wenn die Landpflanze alle ihre Organe vollständig entwickeln soll.

Es versteht sich daher von selbst, dass diese Frage zur Entscheidung gebracht werden muss. Wer sich mit der Ernährung der Pflanze beschäftigt, wird vor Allem die Reihe der Stoffe, welche die Pflanze nothwendig bedarf, festzustellen haben. Ausserdem aber hat die Frage noch ein besonderes Interesse. Es ist nämlich von keinem der Beobachter bestritten, dass der Buchweizen ohne Chlor Stämme, Zweige, Blätter und Blüthen normal ausbilden kann. Die Fruchtorgane aber sind, ebenso wie die Blüthentheile, transformirte Blätter. Hinge nun die Transformation der Blätter, zu deren Ausbildung das Chlor sicher als entbehrlich erkannt worden ist, von der Gegenwart des Chlors in der Pflanze ab, so müsste man demselben die Eigenschaft, einen einzelnen bestimmten physiologischen Vorgang einleiten zu können, zuschreiben.

Wenn ich mit vorstehenden Bemerkungen zugebe, dass bezüglich der Bedeutung des Chlors unter den Stoffen, welche die Pflanze in der Natur aus dem Boden, und auch bei Culturen in wässrigen Nährstofflösungen, stets in deutlich nachweisbaren Mengen aufnimmt, noch Zweifel vorhanden sind, so geschieht dieses aus dem Grunde, weil ich selbst weiss, dass bei meinen ersten Versuchen die Nährstofflösungen vielleicht nicht absolut chlorfrei gewesen sind. Die Salze sind zwar alle in sogenannt chemisch reinem Zustande angewandt worden, indessen habe ich damals manche derselben und die grossen Mengen destillirten Wassers, mit welchen man die Versuchsobjecte im Lauf ihrer Vegetation versorgen muss, nicht immer besonders darauf geprüft, ob sie nicht doch Spuren von Chlor enthielten. Unter den Salzen, welche man den Pflanzen darbietet, ist der salpetersaure Kalk nicht ganz leicht vom Chlor völlig zu reinigen.

Diese Umstände sind für mich die Veranlassung geworden, in den letzten Jahren besondere Reihen von Vegetationsver-

suchen anzustellen, bei welchen das Chlor mit allen Cautelen aus der Nährstofflösung fern gehalten wurde.

Das phosphorsaure Kali, das ich anwandte, ist durch Umkrystallisiren rein dargestellt. Das phosphorsaure Eisenoxyd, durch Fällen von reinem salpetersauren Eisenoxyd mit reinem phosphorsauren Kali, chlorfrei erhalten. Alle übrigen Salze aber sind in Wasser gelöst, mit einigen Tropfen Silberlösung versetzt und nach längerem Stehen filtrirt. Alle enthielten nach dieser Behandlung einige Milligramme Silber im Ueberschuss. Dieses habe ich durch blankes Eisenblech wieder aus den Lösungen niedergeschlagen. Darauf sind die Salze in feste Form gebracht. Die Spuren Eisen, welche sie beibehalten haben mögen, stören nicht, weil man die Nährstofflösungen, die man mit diesen Salzen bereitet, doch noch mit phosphorsaurem Eisenoxyd versetzen muss.

Die fertigen Nährstofflösungen, versetzt mit dem erforderlichen Quantum phosphorsauren Eisenoxyds und mit freier Salpetersäure sauer gemacht, bis letzteres vollständig gelöst worden, blieb auf Zusatz von salpetersaurem Silber vollkommen klar. Im Lauf der Vegetation, nach Wochen und Monaten, habe ich einige der Reste von den Nährstofflösungen, in welchen die Pflanzen gezogen worden, eingedunstet, ebenso verfuhr ich bei den Versuchen mit Buchweizen am Schluss des Versuchs, und diese concentrirten Reste auf einen Chlorgehalt geprüft. Alle erwiesen sich völlig chlorfrei.

Bei den Versuchen, die ich zuletzt (im Sommer 1868) angestellt habe, experimentirte ich mit Zea Mais; Polygonum Fagopyrum, Buchweizen; Lepidium sativum, Kresse; Psamma arenaria, Strandhafer und der oben schon erwähnten Eiche und Rosskastanie. Die Lösung hatte nahezu 2 pro Mille Concentration und enthielt ausser dem Niederschlag von phosphorsaurem Eisenoxyd also wiederum:

1,00	Gramme	salpetersauren Kalk,
0,25	»	salpetersaures Kali,
0,25	»	phosphorsaures Kali,
0,25	»	kryst. Bittersalz,
1,75	Gramme	Salze im Ganzen,

in einem Liter destillirten Wassers in Lösung.

Eine solche Lösung hat sich nun als eine vollständige Nährstofflösung bewährt. Das Chlor ist daher aus der Reihe

der für die Pflanze nothwendigen Nährstoffe auszuschliessen.

Dass Chloride, welche im Boden oder in einer Lösung enthalten sind, von den Wurzeln aufgenommen werden und sich durch alle Organe der Pflanze verbreiten, ist durch die Analysen von Pflanzenaschen und viele der bisher angestellten Wasserculturversuche zur Genüge bewiesen.

Welche Rolle es innerhalb der Pflanze spielt, hat *Arendt* bei seiner Arbeit über das Wachsthum des Hafers[1]) dargethan. Nach seinen Untersuchungen verbreitet sich das Chlor von der Wurzel aus durch alle Organe der Pflanze hin bis in die Frucht, es zeigt aber nirgends einen besonderen Zug nach einem Vegetationspunct.

Damit steht das Ergebniss meiner Versuche von vorigem Jahr und der ihnen vorausgegangenen im vollsten Einklang.

Bei einer früheren Versuchsreihe hatte ich Nährstofflösungen angewandt, welche eine äusserst geringe Menge Chlor enthielten, so viel jedoch, dass die Lösung mit Silberlösung eine Opalescenz zeigte. Als ich in solchen Lösungen Buchweizen bis zur Reife der Samen gezogen hatte, brachte Silberlösung in der rückständigen Lösung noch dieselbe Opalescenz hervor, wie zu Anfang. Schon hieraus wurde es wahrscheinlich, dass die Pflanze kein Chlor bedarf, denn alle übrigen Nährstoffe, das Kali, der Kalk, die Talkerde, das Eisenoxyd, die Phosphorsäure, Salpetersäure, die Schwefelsäure und das Wasser zeigen, wie ich schon vor einigen Jahren dargethan habe, ebenso wie die Kohlensäure aus der Luft nach den Blättern, einen Zug von aussen nach der Wurzel, welche jene Stoffe alle einer Lösung vollständig entziehen kann.

Ich lasse nun die speciellen Resultate der Versuche mit den völlig chlorfreien Lösungen vom verflossenen Sommer nachfolgen.

Die Eiche hat darin ebenso gut, wie in den früheren Jahren, wo die Lösungen vielleicht äusserst geringe Mengen Chlor enthalten haben mögen, fortvegetirt.

Die Rosskastanie gleichfalls. Ich hatte im Herbst vorher die Pfahlwurzel und alle Nebenwurzeln abgeschnitten. Sie hat neue Wurzeln getrieben und vegetirt bis zur Stunde frisch fort.

---

1) *Rud. Arendt*, das Wachsthum der Haferpflanze. 1859.

Beide Bäumchen haben im Herbst bis zum Winter zahlreiche neue Nebenwurzeln entwickelt.

Der Mais gerieth im vorigen Sommer nicht so gut, wie ich ihn früher, allerdings bei Anwendung anderer Gewichtsverhältnisse unter den einzelnen Salzen erhalten habe. Ein Exemplar aber erreichte fast ein Meter Höhe und brachte 4 reife Samen.

Die Kresse gedieh in der angegebenen chlorfreien Lösung so gut wie in der Erde. Ich erhielt von mehr als einem Exemplar 40 bis 50 Stück reifer Samen.

Der Buchweizen erreichte in den chlorfreien Lösungen eine Höhe von 7 bis 9 Decimetern und trieb starke kräftige Stämme. Von 5 Pflanzen, welche zusammen in einem und demselben Glasgefässe und in 5 Litern der angegebenen Nährstofflösung gezogen waren, trockneten die zahlreichen Blüthen dreier Exemplare völlig ein. Die beiden anderen dagegen brachten zusammen 23 Stück kräftiger reifer Samen zu Wege.

5 Stück Buchweizen, die in einer gleichen Menge derselben Nährstofflösung gezogen wurden, der pro Liter noch 0,25 Chlorkalium hinzugesetzt worden, blieben sämmtlich steril, alle Blüthen vertrockneten vor der Befruchtung, ein Beweis, dass unter Umständen, unter welchen in chlorfreien Lösungen Samen producirt werden, in chlorhaltigen die Samenbildung auch fehlschlagen kann.

Nothwendig ist es bei den Versuchen, dass man die Narben mit dem Pollen künstlich bestäubt.

Kürzlich habe ich nun die geerndteten 23 Stück Buchweizenkörner sammt den noch anhaftenden Blüthentheilen in einer kleinen Retorte mit conc. Schwefelsäure übergossen, darauf eine geringe Menge Wasser hinzugesetzt und die Retorte einige Stunden bei einer Temperatur unterhalb des Siedepunctes der Schwefelsäure erhalten, endlich bis zum Sieden derselben erhitzt. Die Samen waren vollständig zu einer rothbraunen Flüssigkeit gelöst. Das bei guter Abkühlung aufgefangene Destillat, welches schweflige Säure und Schwefelsäure enthielt, gab mit Silberlösung nicht die geringste Chlorreaction. Nach mehrtägigem Stehen hatten sich durch Einwirkung der schwefligen Säure nur einige Flocken metallischen Silbers ausgeschieden, welche sich in einem einzigen Tropfen Salpetersäure wieder vollständig lösten.

Ich kann daher jetzt behaupten, dass ich bei der Cultur von Buchweizen in chlorfreien Lösungen Samen erhalten habe, welche gleichfalls völlig chlorfrei waren.

Psamma arenaria. Diese Species hatte Dr. *Weigelt* zu seinen Versuchen über den Natronbedarf der Pflanze gewählt. Sie wächst bekanntlich gern am Seestrand und der Samen, den wir keimen liessen, stammte vom Ostseestrande bei Stettin. Zur Unterstützung dieser Versuche habe ich zwei Exemplare in meinen chlorfreien Nährstofflösungen aufgezogen. Diese Versuche haben im Zusammenhang mit denen von Dr. *Weigelt* einige bemerkenswerthe Resultate gegeben.

Unter allen Lösungen, welche in beiderlei Versuchsreihen zur Anwendung kamen, sind diese beiden Exemplare in der kieselsäure- natron- und chlorfreien Lösung, deren Zusammensetzung ich oben angegeben habe, am besten gediehen. Sie haben zahlreiche lange Wurzeln und Stämme von etwas über $^1/_2$ Meter Höhe getrieben. Die Blätter von 7—8 Decimeter Länge sind derb, obschon die Lösung auch keine Kieselsäure enthielt, aber nicht cylindrisch zusammengerollt, wie bei der am Strande im Boden gewachsenen Pflanze. Dieses ist der erste Fall, wo ich bei Wasserculturen eine in die Augen fallende Abweichung im Habitus bei der Ausbildung der Organe einer Pflanze beobachtete.

Die Pflanzen vegetiren noch jetzt, Ende Februar, fort, die Blätter und Halme fangen aber nun an abzusterben, während sich seit Mitte December aus den unteren Stammenden 5 kräftige Schösslinge entwickelt haben, denen bereits noch mehrere folgen. Es fragt sich nun, ob diese Schösslinge im nächsten Sommer zur Blüthe und Fruchtbildung gelangen werden.

So viel steht einstweilen fest, dass der Strandhafer in natron- chlor- und kieselsäurefreien Lösungen im ersten Jahre seiner Entwicklung ganz vorzüglich gedeiht.

An diese Versuche über die Bedeutung des Chlors schliessen sich die folgenden von *Dircks* und Dr. *Weigelt* angestellten an.

3. Versuche über die Vertretung des Chlors durch Brom und Jod, von Dircks.

Zu diesen Versuchen dienten Lösungen, welche im Wesentlichen ebenso zusammengesetzt waren, wie die oben angegebenen, nur dass die einen noch einen Zusatz von Bromkalium, die anderen von Jodkalium bekamen. Die Salzmischungen waren demnach:

1	Gewichtstheil	salpeters. Kalk,
1/4	»	Kalisalpeter,
1/4	»	kryst. Bittersalz,
1/4	»	phosphors. Kali,
1/4	»	Bromkalium,
x	»	phosphors. Eisenoxyd.

1	Gewichtstheil	salpeters. Kalk,
1/4	»	Kalisalpeter,
1/4	»	Bittersalz,
1/4	»	phosphors. Kali.
1/4	»	Jodkalium,
x	»	phosphors. Eisenoxyd.

Das phosphorsaure Eisenoxyd wird zu einigen Milligrammen in den Lösungen suspendirt.

Bei diesen Versuchen wurden sehr verdünnte Lösungen angewandt, sie enthielten im Liter nur ein halbes Gramm des ganzen Salzgemisches. Experimentirt wurde mit Mais, Buchweizen und Kresse.

Der Mais, für den diese Concentration zu schwach war, wurde in einer späteren Wachsthumsperiode in Lösungen von 2 pro Mille Salzgehalt gesetzt, wobei die relativen Mengen der einzelnen Salze dieselben blieben. Diese Versuche haben folgende Resultate gegeben.

Alle Pflanzen ertrugen das Bromkalium, der Mais wuchs dabei vortrefflich, das Jodkalium wirkte bei der angegebenen Menge schon schädlich. Es ist nach den Resultaten dieser Versuche sehr wahrscheinlich, dass das Bromkalium, wenn man es in noch geringerer Menge der Lösung hinzufügt, als es hier geschah, sich ganz und gar dem Chlorkalium analog verhalten wird.

Für das Jodkalium, solange dieses Salz unzersetzt ist, dürfte dasselbe gelten. Nun aber ist bekannt, wie leicht es in einer sauren Lösung sich zersetzt und freies Jod ausscheidet. Die Beobachtung des Verhaltens sämmtlicher Pflanzen, welche dieses Salz erhielten, machte nun den Eindruck, als träte der schädliche Einfluss dieses Salzes in denselben Lösungen zu verschiedenen Zeiten verschieden stark auf, gerade so, wie es der Fall sein würde, wenn das unzersetzte Salz an und für sich unschädlich wäre und seine Wirkung in dem Mass nachtheiliger würde, als sich freies Jod daraus entwickelt.

Als allgemeines Resultat stellte sich bei diesen Versuchen heraus, dass von den Verbindungen des Chlors, Broms und Jods mit Kalium bei Gegenwart der übrigen Salze die Chlorverbindungen, welche am constantesten sind, unschädlich, die Bromverbindungen unschädlich bis schädlich und die Jodverbindungen schädlich auf die Vegetation der Landpflanze einwirken.

Der Mais, der auf destillirtem Wasser gekeimt hatte, wurde am 14. Mai in die Lösung von 0,5 pro Mille Salzgehalt verpflanzt.

In der mit Bromkalium versetzten Lösung entwickelte sich derselbe gut. Später aber wurden die meisten Pflanzen, obschon sich phosphorsaures Eisenoxyd in allen Lösungen vorfand, icterisch. Sie wurden am 26. Juni in Lösungen von 2 pro Mille Salzgehalt gestellt. Die Pflanzen befanden sich in diesen Lösungen sichtbar besser als in den ersten verdünnten, es trat ein rasches Wachsthum ein. In den Blättern, die im Juni meist gelb und grün panachirt waren, breiteten sich die grünen Streifen rasch aus und um Mitte Juli hatten sie alle ein sattes Grün und frisches, kräftiges Ansehen.

Hinsichtlich der Blüthen- und Fruchtbildung traten bei diesen Maispflanzen in der Folge dieselben Erscheinungen ein, wie sie der Mais in vollständigen Nährstofflösungen gewöhnlich darbietet. Wenn auch die einen nur männlich, die anderen nur weiblich blühten, bei einzelnen die Blüthen mehr oder weniger verkümmerten und der Pollen fehlschlug, so bot die Summe der Versuchsobjecte doch alle Organe, Stämme, Blätter, männliche und weibliche Blüthen, Pollen und Fruchtansatz in vollkommen ausgebildetem Zustande dar, und im Herbst hatten die am besten entwickelten eine Höhe von 50 bis über 80 Centimeter erreicht.

In den Jodkalium enthaltenden Lösungen gingen sämmtliche Maispflanzen in den ersten zwei bis drei Wochen ein.

Der Buchweizen verhielt sich zu den Brom- und Jodkalium enthaltenden Lösungen ganz ähnlich wie der Mais, nur dass auf ihn schon das Brom einen etwas ungünstigen Einfluss ausübte.

In der mit Bromkalium versetzten Lösung behielten die Buchweizenpflanzen ein gesundes grünes Ansehen. Sie waren mit dem Mais um Mitte Mai in die Lösungen eingesetzt. Sie fingen in den ersten Tagen des Juni an zu blühen und blühten den ganzen Sommer hindurch fort. Anfang August hatten einige vollkommen gesunde Samen zur Reife gebracht. Dabei aber blieben die Pflanzen sämmtlich klein, die Stämme dünn und auch die Blätter erreichten ihre normale Grösse nicht. Die grössten Exemplare gelangten bei diesem Versuch zu Höhen von 25 und 30, 40 und 45 Centimetern, die Blättermaxima zu einer Breite von nur 2 und 3 Centimetern.

In der mit Jodkalium versetzten Lösung waren sämmtliche Buchweizenpflanzen in der Zeit von der Pflanzung bis zum 22. Juni eine nach der anderen abgestorben.

Die Kresse ertrug sowohl die Bromkalium- als die Jodkaliumlösung, die erstere allerdings merklich besser als die letztere.

Eine erste Pflanzung vom 14. Mai erkrankte in beiderlei Lösungen schon in den ersten 4 Tagen, so dass neue Keimlinge in die Gefässe gebracht werden mussten. Auch diese kümmerten sowohl in der Bromkalium- als in der Jodkaliumlösung, die Blätter trockneten bis auf die obersten jüngsten fast alle ein, die meisten starben ab, doch blieb von den 5 Stück, die jedesmal zusammen in ein Glas gebracht worden, eine übrig. Ihr Wachsthum zeigte bis Anfang Juni kaum einen Fortschritt.

Die Pflanzen in der Bromkaliumlösung fingen um Mitte Juni aber an emporzuschiessen. Dabei blieben sie gesund grün. Sie erreichten eine Höhe von 16, 20 und 23 Centimeter, blühten im Juli und zeigten Ansatz zur Samenbildung, doch blieben die Kapseln steril.

In der Jodkaliumlösung behielten die Pflanzen ein krankes Ansehen. Sie erreichten Höhen von 16 und 18 Centimetern, abgesehen von den Wurzeln. Auch sie blühten um Mitte Juli,

doch spärlicher als die Brompflanzen, und brachten es bis zum Ansatz, aber nicht zur Reife der Samen.

Im Ganzen ertrug unter den gewählten Pflanzenspecies die Kresse das Jodkalium am längsten

Der Strandhafer nahm in beiderlei Lösungen bald ein krankes Ansehen an, blieb klein und dürftig, hielt übrigens in der Bromkaliumlösung lange aus.

Nachweisung des Broms und Jods in den erzogenen Pflanzen. Der ganze Zweck, den *Dircks* bei seinen Versuchen verfolgte, war die Erledigung der Frage, ob Pflanzen, namentlich Landpflanzen, welche in brom- und jodhaltigen Nährstofflösungen vegetiren, diese Körper in wesentlichen Mengen aufnehmen, ähnlich wie dieselben Pflanzen aus Böden oder Lösungen, welche Chloride enthalten, letztere mit aufsaugen.

Es sind daher die Erndten aller drei Pflanzen auf Brom und Jod untersucht worden. Dabei hat *Dircks* sich nicht etwa bloss auf die Reaction des Aschenauszugs auf Silberlösung beschränkt, sondern es vorgezogen, das Jod und Brom in Substanz darzustellen. Es hat der Versuch ergeben, dass alle Pflanzen aus der Jodkaliumlösung Jodverbindungen und aus der Bromkaliumlösung Bromverbindung in verhältnissmässig ansehnlichen Mengen aufgenommen hatten.

Die trocknen Pflanzen wurden mit verdünnter Schwefelsäure destillirt. Das Destillat ward gemessen und ein gleichfalls gemessener Theil davon mit Natron übersättigt, eingedunstet, stark erhitzt, mit Salzsäure übersättigt und mit Chlorwasser und Schwefelkohlenstoff geschüttelt. Der Schwefelkohlenstoff nahm bei solcher Behandlung des Destillates von den in der Bromkaliumlösung und Jodkaliumlösung erzogenen Pflanzen hinreichende Mengen Brom und Jod auf, um beide Körper als solche erkennen zu können. Der Rest des Destillates wurde mit der Lösung von salpetersaurem Silberoxyd ausgefällt und aus der Menge des Niederschlags die ganze Menge Jod und Brom berechnet, welche das angewandte Quantum Pflanze geliefert hatte. So wurden erhalten von:

1) 0,277 Grammen trockner Kresse 0,002 Grm. Brom,
2) 0,499 » trocknen Buchweizens 0,0656 Grm. Brom,
3) 1,872 » trocknem Mais 0,0497 Grm. Brom.

Bei den Jodpflanzen waren die Erndten zu klein, als dass die quantitative Bestimmung mit Erfolg hätte durchgeführt werden können.

In Procenten der Trockensubstanz ausgedrückt hatte aufgenommen:

die Kresse	0,72	Procente	Brom
der Buchweizen	1,12	»	»
der Mais	2,66	«	»

4. Versuche über die Vegetation des Strandhafers in kalihaltigen und kalifreien, ferner in chlor- jod- und bromhaltigen und natronhaltigen Nährstofflösungen von Dr. Curt Weigelt.

Bekanntlich haben die bisher ausgeführten Wasserculturen den Beweis geliefert, dass die Landpflanze des Natrons nicht bedürftig ist. Um so mehr hat es Interesse, durch Versuche festzustellen, ob die Strandpflanzen und Sandbodenpflanzen ohne Natron wachsen können. Dass selbst die Tange neben Natron Kali enthalten, zeigte vor einer Reihe von Jahren *Forchhammer*.

J. von Liebig hat (Agriculturchemie 7. Aufl. Bd. 1. S. 105) besonders darauf hingewiesen, welche Schlüsse sich aus der Untersuchung der Pflanzen, die in den muldenförmigen Vertiefungen der Dünen wachsen, bezüglich der Vertretung von Kali durch Natron etc. würden ziehen lassen.

Dieselben Gesichtspuncte machten es wünschenswerth, auch Wasserculturversuche über diese Fragen anzustellen.

Wir begannen im Anfang des Sommers mit der Zucht einiger Strandpflanzen. Zuerst mit Samen einiger Salsola-Arten, welche Prof. *Schenk* uns zur Verfügung stellte, fanden aber so viel Schwierigkeiten, dieselben auf destillirtem Wasser zum Keimen zu bringen, dass wir für diesesmal von den Versuchen mit dieser Pflanze absehen mussten.

Dr. *Weigelt* setzte darauf die Versuche mit dem Samen der Psamma arenaria fort und fand dabei, dass derselbe ganz leicht keimt, wenn man ihn von den festanhaftenden Spelzen befreit, bevor man ihn anquellen lässt und zum Keimen auslegt. Es ist möglich, dass man, nachdem man die Samenhüllen entfernt hat, auch die Samen anderer Strandpflanzen leichter zum Keimen bringt.

Die Samen, welche zu den Versuchen über die Nothwendigkeit des Natrons gedient haben, stammten vom Ostseestrande

der Divenow auf der Insel Wollin. Dr. *Weigelt* hat dieselben im entschälten Zustande analysirt. Die Analyse hat ergeben für

den entschälten Samen, lufttrocken, mit 10,38 Proc. Wassergehalt

Kieselsäure . . .	0,0393		
Schwefelsäure . .	Spur		
Schwefel	0,3510		
Phosphorsäure . .	1,4784		
Chlor	0,1540		
Eisen	0,0000		
Kalk	0,1294	Wassergehalt . .	10,3800
Talkerde	0,2234	Asche	3,2185
Kali	0,6459	Proteinsubstanz .	18,7188
Natron	0,0236	Uebrige Bestandtheile	67,6827
Asche	3,0450		100,0000
Stickstoff	2,9953		

Diese Analyse zeigt einen auffallend hohen Phosphorsäuregehalt und dabei so geringen Eisengehalt, dass sich bei dem zur Untersuchung angewandten Quantum keine Spur Eisen aus der Aschenlösung niederschlagen liess. Mit der Zufuhr so grosser Mengen Phosphorsäure in das Samenkorn muss allerdings der Zug des Eisens dahin vermindert werden, da das phosphorsaure Eisen so äusserst schwer löslich ist.

Der Natrongehalt dieser Samen ist gering. Die Psamma ist aber auch keine Pflanze aus dem Kreise derjenigen, welche ausschliesslich in Salzboden wachsen, sie kommt auch in gewöhnlichem leichten Sandboden vor.

Chlor enthielten diese von Strandexemplaren geerndteten Samen in ansehnlicher Menge.

Die Nährstofflösungen, deren Dr. *Weigelt* sich bei den Versuchen mit Strandhafer bediente, enthielten folgende Salzmischungen:

1) Kalifreie chlorhaltige Lösung.		2) Kalifreie jodhaltige Lösung.	
1 Gew.-Th.	salpeters. Kalk,	1 Gew.-Th.	salpeters. Kalk,
1/4 »	salpeters. Natron,	1/4 »	salpeters. Natron,
1/4 »	saures phosphors. Natron,	1/4 »	saures phosphors. Natron,
1/4 »	kryst. Bittersalz,	1/4 »	kryst. Bittersalz,
1/4 »	Kochsalz.	1/4 »	Jodnatrium.

3) Kalifreie bromhaltige Lösung.			4) Kali- u. natronhaltige, chlorfreie Lösung.		
1 Gew.-Th.		salpeters. Kalk,	1 Gew.-Th.		salpeters. Kalk,
1/4	»	salpeters. Natron,	1/8	»	salpeters. Kali,
1/4	»	saures phosphors. Natron,	1/8	»	salpeters. Natron,
1/4	»	kryst. Bittersalz,	1/4	»	kryst. Bittersalz,
1/4	»	Bromnatrium.	1/4	»	saures phosphors. Kali.

Diese Lösungen bekamen dann noch, wie oben angegeben, einen Zusatz von phosphors. Eisenoxyd und eine Concentration von 0,5 pro Mille Salzgehalt im Ganzen (auf 1 Liter destillirtes Wasser 0,5 Gramme Salzmischung).

Ausserdem wurde auf Grundlage der Analysen vom Meerwasser noch eine fünfte Lösung bereitet. Die Eindunstungsrückstände der verschiedenen Meerwässer haben nach *Mulder*, *Vlanderen* und *Henning* folgende Salzgehalte:

78,5	Chlornatrium,	9,4	Chlormagnesium,	6,4	Bittersalz.
4,4	schwefels.Kalk,	1,0	Chlorkalium,	0,17	Brommagn.
0,04	kohlens. Kalk,	0,009	Kieselsäure,	0,013	Ammoniak.

Bei der zu den Versuchen mit Strandhafer bestimmten Mischung wurden die drei letzten Körper: der kohlensaure Kalk, die Kieselsäure und das Ammoniak weggelassen.

Statt der 78,5 Kochsalz wurden ferner nur 72,5 genommen und die ausgelassenen 6 Procente durch 3 Procente phosphorsaures Natron und 3 Procente salpetersaures Natron ersetzt, weil selbstverständlich ohne Anwesenheit einer genügenden Menge eines stickstoffhaltigen und phosphorsäurehaltigen Nahrungsmittels die Pflanze in einem beschränkten Quantum Lösung nicht wachsen kann.

Was nun die Resultate dieser Versuche anbetrifft, so können dieselben nicht früher richtig beurtheilt werden, als bis durch Analyse der Erndten oder rückständigen Lösungen nachgewiesen worden ist, wie weit das Natron und mit demselben das Chlor, Jod und Brom in die Pflanzen eintritt. Dr. *Weigelt* wird diese Versuche fortsetzen.

Einstweilen aber lässt sich so viel mit Bestimmtheit über die Vegetation des Strandhafers aussprechen, dass in keiner einzigen der angewandten 5 Lösungen eine Vegetation so gut verlief, als in der oben angegebenen natron- kieselsäure- und

chlorfreien, kalihaltigen Lösung. Am nächsten kamen den beiden in dieser letzteren Lösung gezogenen Exemplaren (S. S. 19) diejenigen, welche Kali- und Natronsalze zugleich bekommen hatten.

In allen übrigen Lösungen entwickelten sich die Wurzeln gesund und reichlich. Die Blätter aber blieben verhältnissmässig kurz, sie erreichten 20, 30 bis 50 Centimeter Länge, blieben plan und hatten übrigens meistens ein gesundes Ansehen. Bei allen aber blieb die Halmbildung unterdrückt und in Folge davon entwickelten die in den kalifreien Lösungen wachsenden Pflanzen auch nicht so reichlich junge Triebe aus dem Stammende, wie die beiden in kalihaltigen Lösungen gezogenen Exemplare.

A. W. Volkmann, *Zur Mechanik der Augenmuskeln.*

Die normalen Bewegungen des Auges werden rotatorisch um einen nahezu constanten Drehpunkt ausgeführt. Man kann also jede Bewegung des Auges als eine Drehung auffassen, welche um eine durch den Drehpunkt des Auges gelegte Axe erfolgt. Da nun jede Drehung in einer Ebene zu Stande kommt, deren Lage durch die Richtung der zu ihr normal stehenden Drehaxe gegeben ist, so wird die Mechanik der Augenmuskeln von der Bestimmung der Drehaxen ausgehen müssen.

Wir werden annehmen, dass der Drehpunkt des Auges im Centrum eines kugelförmigen Bulbus liege, Annahmen die freilich nicht streng richtig, doch aber als approximative Bestimmungen zulässig und für eine mathematische Begründung der Drehbewegung unentbehrlich sind.

Unter diesen Voraussetzungen kommen die Augenbewegungen dadurch zu Stande, dass der Theil des Muskels, welcher an der Kugelfläche des Augapfels anliegt, sich bei der Verkürzung der Fleischfasern abwickelt, und somit eine Axendrehung vermittelt. Mag der Muskel während der Ruhe eine Lage haben, welche er wolle, so muss er doch während er thätig und also gespannt ist, zwischen den äussersten Punkten, die er mit der Kugelfläche des Auges gemein hat, eine kürzeste Linie darstellen. Da nun eine solche Linie in einen grössten Kreis der Kugel fällt, so liegt der gespannte Muskel in einer Ebene, welche ausser seinen beiden Enden auch den Mittelpunkt des Bulbus schneidet. Ich werde diese Ebene, in welche die Rotationsbewegung des Auges fällt, die Muskelebene nennen. Ist diese bestimmt, so ergiebt sich die Lage der Drehaxe ohne Weiteres, denn es ist einleuchtend, dass sie zur Muskelebene normal stehen und den Drehpunkt schneiden müsse.

Um also die Drehbewegung, welche ein bestimmter Muskel ausführt zu ermitteln, muss man die Lage der eben genannten drei Punkte bestimmen, d. h. den Ort des Drehpunktes, des Ursprungs des Muskels und seines Ansatzes. Zur mathematischen Bestimmung dieser drei Orte sind drei Coordinatenaxen erforderlich, deren Anfangspunkt wir in den Drehpunkt des Auges selbst legen wollen.

Ich werde nach *Fick's* Vorgange die Axe, welche in horizontaler Richtung gelegt ist und welche in ihrer Fortsetzung beide Drehpunkte schneidet, mit x bezeichnen, die zweite Axe, welche in horizontaler Richtung von vorn nach hinten verläuft und mit der optischen Axe zusammenfällt mit y, die dritte endlich, welche eine senkrechte Richtung hat, mit z. Weiter werde ich mit *Fick* feststellen, dass die Richtung der positiven x–Axe nach aussen, die Richtung der positiven y–Axe nach hinten, und die Richtung der positiven z–Axe nach oben gehe.

Bekanntlich sind Untersuchungen über die Lage der Muskeln schon mehrfach angestellt worden. *A. Fick* hat das Verdienst, zuerst darauf hingewiesen zu haben, die Lagenbestimmungen auf ein bestimmtes Coordinatensystem zurück zu führen.[1]) Indess hat seine Arbeit doch kaum mehr als einen hodegetischen Werth. Die Messungen, welche er seinen Rechnungen zu Grunde legt, sind nur an einem Auge und mit Hülfe so mangelhafter Methoden angestellt, dass sie auf Zuverlässigkeit nicht Anspruch haben.

Viel mehr Zutrauen verdienen die Messungen von *Rüte*, welche an den Augen von vier menschlichen Leichen angestellt wurden.[2]) Indess dürfte auch in dieser Arbeit das Experimentalverfahren zu manchen Bedenken Anlass geben, und jedenfalls sind Messungen, an mehr nicht als vier Individuen, zur Begründung brauchbarer Mittelwerthe nicht ausreichend.

Die im Nachstehenden verzeichneten Mittelwerthe sind aus mindestens 30 Beobachtungen abgeleitet. Ausdrücklich bemerken will ich, dass die Bestimmung der in Frage stehenden Ordinaten mit einfachen Messungen nicht überall möglich ist. Sie erfordert bisweilen künstliche Hülfsmittel, welche, wenn sie

1) Zeitschrift für rat. Med. 1853. S. 101.
2) Ein neues Ophthalmotrop. Leipzig 1857.

unglücklich gewählt werden, zu constanten Fehlern Veranlassung geben, die sich durch eine Vervielfältigung der Beobachtungsfälle nicht beseitigen lassen.

Eine sehr grosse Schwierigkeit liegt in dem Umstande, dass man die Muskeln nur sehen kann, nachdem man sie mit dem Messer frei gelegt, und dass durch die anatomische Zergliederung die natürliche Lage der Theile gestört wird. So unmöglich es ist diesem Uebelstande ganz abzuhelfen, so wichtig ist es sich bei den anatomischen Präparationen eines Verfahrens zu bedienen, welches die Dislocation der Muskeln auf ein kleinstes Maass beschränkt.[1] Ich werde zeigen, dass die Lage des Auges in der Augenhöhle und ebenso die Relationen der drei Coordinatenaxen zu derselben sich an unzergliederten Leichen und selbst am lebenden Körper ermitteln lassen, vorausgesetzt allerdings, dass die Form und mittlere Grösse des Bulbus bereits bekannt sind. Ueberhaupt aber glaube ich annehmen zu dürfen, dass die mit den anatomischen Untersuchungen eintretenden Lagenveränderungen meine Angaben über die geraden Augenmuskeln gar nicht, und die über die schiefen Augenmuskeln nur in sehr geringem Maasse beeinflusst haben.

Dimensionen des Augapfels.

Die Messungen von 30 grösstentheils männlichen Augen ergaben folgende Werthe.

	Minimum	Maximum	Mittel
Längendurchmesser	23 Mm	27 Mm	24,73 Mm
Querdurchmesser	23 -	26 -	24,27 -

1) *Rüte* hat das Auge in seiner natürlichen Lage dadurch zu fixiren gesucht, dass er einen feinen und spitzen Stahldraht bis in die Knochenwandungen der Orbita langsam bohrend durchstiess. Mir sind alle derartige Versuche so gänzlich misslungen, dass ich nicht begreife, wie *Rüte* seinen Zweck erreichen konnte. Der Draht (ich benutzte eine sehr spitze und fein polirte Nähnadel) findet in der Sclerotica einen so mächtigen Widerstand, dass er das Auge trotz der Bohrbewegung mitnimmt und auffällig verrückt, was bei der ausserordentlichen Nachgiebigkeit des den Bulbus umgebenden Fett- und Zellgewebes kaum vermeidlich scheint. Auch ist es mir nie gelungen die Nadel so tief in den Knochen ein zu bohren, dass der Augapfel dadurch fixirt worden wäre. Die Befestigung der Nadel gelang nur mit Hülfe des Hammers, wobei das Auge, unter Verdrängung der Weichtheile an die Knochenwandungen unmittelbar angeheftet wurde.

Diese Maasszahlen verdienen um so mehr Zutrauen, als sie mit den Beobachtungen von *Krause, Brücke* und *Huschke* auf das Genauste zusammenstimmen. Nach *Krause* sind die Längen- und Queraxen sich nahezu gleich und messen im Mittel 24,25 Mm. Auch *Brücke* fand die Längenaxe nur um eine Spur grösser als die Queraxe und bestimmt ihre Länge zwischen 23 und 26 Mm., im Mittel also 24,5 Mm. Nach *Huschke* endlich schwankt der Durchmesser des Augapfels zwischen 23,96—24,58 Mm und beträgt also im Mittel: 24,58 Mm.

Nach allen diesen Messungen ist also der Augapfel sehr annäherungsweise eine Kugel von ungefähr 12,25 Mm Radius, und habe ich diesen Werth den später mitzutheilenden Berechnungen zu Grunde gelegt.

Die Lage des Drehpunktes.

Schon in meinen Beiträgen zur Physiologie des Gesichtsinnes habe ich Versuche mitgetheilt, welche zu dem Schlusse drängen, dass sich das Auge bei allen seinen Bewegungen um einen constanten nahezu im Centrum des Augapfels gelegenen Punkt drehe. Obschon ich aus denselben Versuchen auch fälschlich folgerte, dass dieser constante Drehpunkt mit dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien zusammenfalle, so konnte doch der Irrthum des zweiten Schlusses die Richtigkeit des ersten nicht beeinträchtigen, und in der That haben *Valentin* und *Burow* nicht nur das Dasein eines festen Drehpunktes sondern auch seine nahezu centrale Lage bestätigt.

Dagegen fand *Donders*, welcher sich eines unbestreitbar genaueren Experimentalverfahrens bediente, als die bis dahin benutzten, dass der allerdings feste Drehpunkt im Mittel 13,54 Mm hinter dem Scheitel der Hornhaut, und wenn wir den Radius des Augapfels = 12,25 Mm setzen, 1,29 Mm hinter dem Mittelpunkte desselben liege.[1])

Neuerlichst hat *J. J. Müller* nach einer von *Fick* erfundenen Methode Versuche angestellt, welche der behaupteten Constanz des Drehpunktes in so fern nicht günstig sind, als sie den

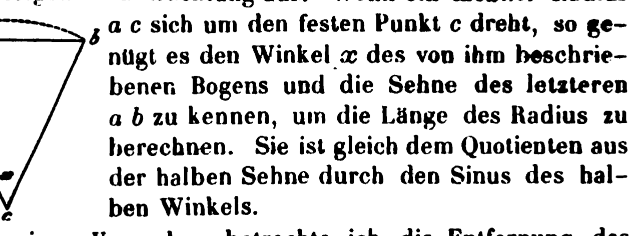
1) *Donders* Die Anomalien der Refraction und Accommodation. Ausgabe von Dr. *O. Becker*. S. 158.



Ort dieses Punktes abhängig vom Höhenwinkel der Blickrichtung darstellen.[1])

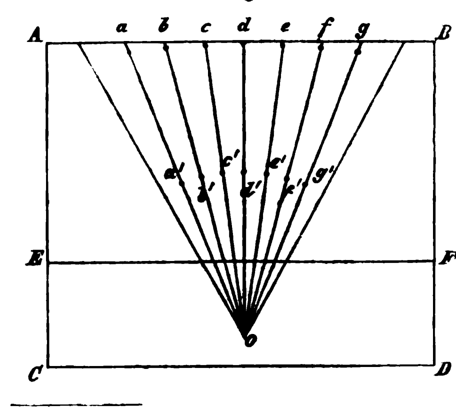
Diese wie alle bisher angestellten Versuche sind darin mangelhaft, dass sie nur die Drehung des Auges um eine senkrechte Axe berücksichtigen, auch haben die von *Müller* angestellten Versuche nur für des Verfassers Auge Geltung. Die nachstehenden Versuche dürften geeignet sein diesen Mängeln abzuhelfen.

Das Experimentalverfahren, dessen ich mich bediente, ging von folgender Betrachtung aus. Wenn ein mobiler Radius



$a\ c$ sich um den festen Punkt c dreht, so genügt es den Winkel x des von ihm beschriebenen Bogens und die Sehne des letzteren $a\ b$ zu kennen, um die Länge des Radius zu berechnen. Sie ist gleich dem Quotienten aus der halben Sehne durch den Sinus des halben Winkels.

In meinen Versuchen betrachte ich die Entfernung des Drehpunktes bis zur Mitte der Pupille als den mobilen Radius; ich bestimme die Winkel und Sehnen, welche zu den von ihm beschriebenen Kreisbogen gehören, und untersuche dann ob die Grösse des Radius, wie dies mein Theorem fordert, für verschiedene Winkel dieselbe ist. Um die zum Rechnen nothwendigen Dreiecke $a\ b\ c$ der vorstehenden Figur zu gewinnen, bediene ich mich folgender Vorrichtung.



Auf einer ebenen Tafel $A\ B\ C\ D$ sind von dem Punkte o aus divergirende gerade Linien gezogen, welche Centriwinkel von 10° bilden. In jeder Linie werden zwei feine Nähnadeln $a\,a'$, $b\,b'$, $c\,c'$ u. s. w. normal zur Tafel eingesteckt, so dass die Distanzen $o\,a'$, $o\,b'$ ungefähr 8 Zoll, die Di-

1) *J. J. Müller*, Untersuchungen über den Drehpunkt des menschlichen Auges. Inauguraldiss.

stanzen oa, ob ohngefähr 16 Zoll betragen. Ist dies geschehn, so wird das Stück $E\ F\ C\ D$ der Tafel weggesägt, wodurch die Möglichkeit entsteht, dieselbe dem Auge so nahe zu rücken, dass der Kreuzungspunkt o der geraden Linien aa', bb' u. s. w. mit dem Drehpunkte des Auges zusammenfällt.

Wenn man nun den Kopf sorgfältig fixirt, und die Tafel vor dem einen Auge so anbringt, dass die gerade Linie dd' mit der Sehlinie zusammenfällt, so findet sich bei allmäliger und vorsichtiger Annäherung derselben an's Auge schliesslich eine Stellung, wo bei jeder beliebigen Blickrichtung die beiden, in einer Visirlinie gelegenen Nadeln sich decken. Dies genügt zu beweisen, dass der Ort des Drehpunktes im Auge für alle in der Ebene der Tafel ausgeführten Rotationsbewegungen ein merklich constanter ist. — Wenn ich nun die Tafel im Verlaufe der Versuche abwechselnd in der Horizontalebene und in der Sagittalebene des Auges anbringe, so bleiben die erwähnten Deckungsphänomene dieselben, womit die Constanz des Drehpunktes nicht nur für die Bewegungen des Auges um eine senkrechte, sondern auch um eine waagerechte Drehaxe erwiesen ist.

Es kommt also nur noch darauf an, den Ort dieses Drehpunktes im Auge zu bestimmen, und ist hierzu, wie oben erörtert, die Bemessung der Sehne des Bogens nothwendig. Um diese auszuführen, stelle ich dem Auge gegenüber, in einer Entfernung von ungefähr 3 Meter ein Fernrohr auf, welches um das 25fache vergrössert und mit einem Ocularmikrometer versehn ist. Mit Hülfe dieses Instrumentes bestimme ich die Zahl der Theilstriche, durch welche der Mittelpunkt der Pupille bei einer Drehbewegung des Auges, deren Winkelgrösse gegeben ist, hindurchgeht. Da ich nun den Werth der Theilstriche für die Entfernung des Instrumentes vom Auge im voraus ermittelt habe, so ist mit der Zahl der Theilstriche die Grösse der fraglichen Sehne ohne Weiteres gegeben.

Die auf Grund dieser Versuche ausgeführte Rechnung führt auf die Länge eines Radius, welcher vom Drehpunkte des Auges bis zur Mitte der Pupille reicht. Addirt man also die Länge dieses Radius zu dem Abstande der Pupillenmitte vom Scheitel der Hornhaut, so erhält man den Abstand des Drehpunktes vom Hornhautscheitel.

Von den nachstehenden beiden Tabellen bezieht sich die erste auf horizontale Drehungen um eine senkrechte Axe, die zweite auf senkrechte Drehungen um eine horizontale Axe. Die an der Spitze der verticalen Columnen verzeichneten Grade bestimmen die Grösse des Winkels x, um welchen das Auge sich gedreht hat, und die in derselben Columne, unterhalb des Winkels eingetragenen Zahlen bezeichnen die Entfernung des Drehpunktes von der Pupille in Millimetern. Die römischen Ziffern beziehen sich auf Versuche an verschiedenen Personen, und sind Versuche, die in beiden Tabellen unter gleichen Ziffern vorkommen, an denselben Personen angestellt worden. Die unter I, IV, VII, VIII vermerkten Beobachtungen beziehen sich auf Frauen.

A. Entfernung der Pupille vom Drehpunkte bei horizontalen Drehungen.

Person	Drehwinkel des Auges. 20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
I	12,1	11,3	11,0	11,8	11,5	11,6	11,5
II	—	—	12,1	—	11,7	—	11,7
III	10,3	—	10,7	11,1	10,8	11,0	11,1
IV	11,2	11,1	11,1	10,8	10,7	11,0	—
V	11,0	—	11,6	11,5	11,4	11,2	11,0
VI	11,4	—	12,0	12,0	11,9	11,6	11,8
VII	11,7	—	11,9	11,7	11,7	—	—
VIII	11,7	—	11,9	12,1	11,1	—	—
IX	—	—	11,3	—	11,6	—	10,8
X	10,9	10,9	10,5	10,7	11,5	11,4	—
Mittel	11,29	11,10	11,41	11,46	11,39	11,30	11,31

Diese Versuche beweisen, dass die Grösse die wir messen, von den Breitenwinkeln des rotirenden Auges nicht merklich abhängt. Der Abstand des Drehpunktes von der Pupille beträgt im Mittel von 51 Beobachtungen 11,35 Mm. Von diesem Werthe entfernt sich das für jeden Drehwinkel gefundene Mittel im ungünstigsten Falle nur um 0,25 Mm und namentlich ist in den Differenzen zwischen dem Totalmittel und den Einzelmitteln keine den Winkelgrössen entsprechende Progression, so dass sie vorläufig nur auf Beobachtungsfehler bezogen werden können.

B. Entfernung des Drehpunktes von der Pupille bei senkrechten Drehungen.

Person	Drehwinkel des Auges. 20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
I	12,0	11,6	11,0	12,1	11,1	11,5	—
II	11,4	10,9	11,7	11,4	11,4	—	—
IV	10,1	10,7	10,5	10,0	9,5	—	—
V	10,5	—	10,4	—	10,3	10,4	10,6
VI	11,8	—	11,4	—	11,9	11,2	11,4
VII	11,1	—	11,6	—	11,5	—	—
VIII	12,0	—	11,2	—	11,2	—	—
IX	11,3	11,0	11,4	10,5	11,5	11,6	11,7
X	9,8	10,5	9,9	9,6	—	—	—
Mittel	11,00	10,94	11,01	10,72	11,05	11,18	11,23

Aus dieser Tabelle ergiebt sich, dass die Entfernung des Drehpunktes von der Pupillenmitte von der Grösse der senkrechten Augendrehung nicht abhängt. Das Totalmittel der 43 Beobachtungen ist 11,01 und differiren von diesem Werthe die Einzelmittel im ungünstigsten Falle um 0,29 Mm. Diese an sich unerhebliche Differenz verdient um so weniger Berücksichtigung, als sie auf eine Drehbewegung von mittlerer Grösse fällt.

Um nun zu ermitteln wie weit meine Beobachtungen Glauben verdienen, habe ich eine Berechnung ihrer wahrscheinlichen Fehler vorgenommen. Sämmtliche an einer und derselben Person bei horizontaler und perpendiculärer Augenbewegung ausgeführte Messungen werden summirt und mit der Zahl der Beobachtungen dividirt um den Mittelwerth der Entfernung des Drehpunktes von der Pupille zu finden. Die Differenzen der einzelnen Maasszahlen von diesem Mittel sind als Fehler in der Bestimmung des Ortes der Drehpunkte zu betrachten. Bezeichnet man die Summe dieser Fehler mit ΣF und die Zahl der gemachten Beobachtungen mit N, so findet man den wahrscheinlichen Fehler mit Hülfe der Formel

$$\frac{0{,}845\ \Sigma F}{N\sqrt{N-1}}$$

In nachstehender Tabelle sind unter M die mittleren Werthe der Entfernung des Drehpunktes von der Pupille und unter

F die wahrscheinlichen Fehler für jede der 10 Versuchspersonen angegeben.

Person	M.	F.
I	11,55	0,072
II	11,47	0,089
III	10,83	0,088
IV	10,59	0,112
V	10,90	0,112
VI	11,67	0,066
VII	11,60	0,059
VIII	11,60	0,128
IX	11,27	0,085
X	10,57	0,111
im Mittel	= 11,18	= 0,093

das heisst also, die auf 11,18 Mill. bestimmte Entfernung des Drehpunktes von der Mitte der Pupille ist wahrscheinlich mit einem Fehler von $\mp$ 0,093 Mm behaftet.

Hiernach scheint die Annahme eines constanten Drehpunktes in allen den Fällen unbedenklich, in welchen die Bewegung des Auges eine derartige ist, dass die geradeaus gerichtete Sehlinie den vom Auge beschriebenen Winkel in zwei gleiche oder doch nicht auffallend verschiedene Hälften theilt.

Was endlich den Ort des Drehpunktes im Auge anlangt, so ergiebt sich dass das Resultat meiner Versuche mit dem von *Donders* erhaltenen nahezu übereinstimmt. *Donders* hat die Entfernung des Drehpunktes vom Hornhautscheitel gemessen, und fand sie im Mittel 13,54 Mm. Ich dagegen habe die Entfernung des Drehpunktes von der Mitte der Pupille bestimmt, und fand im Mittel von 94 Versuchen 11,18 Mm. Der Unterschied zwischen jenem Werthe und diesem beträgt 2,36 Mm. Beträgt also der Abstand der Pupille vom Hornhautscheitel 2,36 Mm, was der Wahrheit sehr nahe kommen dürfte, so wäre die Uebereinstimmung unsrer beiderseitigen Versuche eine absolute. Unter diesen Umständen habe ich die Angabe von *Donders*, dass der Drehpunkt 1,29 Mm hinter dem Centrum des Augapfels liege im Nachstehenden festgehalten.

Von der Lage der Coordinatenaxen x, y, z in der Augenhöhle.

Da die Augenmuskeln von den Wandungen der Orbita entspringen, so werden wir, um den Ort der Ursprünge nach den Coordinatenaxen bestimmen zu können, zunächst die Lage der

Axen selbst, in ihren Beziehungen zur Augenhöhle zu ermitteln haben. In Betracht nun, dass die Lage der drei Axen zum Augapfel eine unveränderliche, dagegen die Lage des Augapfels zur Augenhöhle eine variable ist, müssen wir bei Bestimmung der Lage der Augenaxen von einer bestimmten Stellung des Auges ausgehn.

Wir wählen dazu die Normalstellung des Auges, d. h. diejenige Stellung, in welcher es bei einem aufrecht stehenden Menschen gerade nach vorn und auf ein unendlich Fernes gerichtet ist. Da nun, der Definition zu Folge, die y-Axen mit den Sehlinien zusammen fallen, so ist einleuchtend dass sich der gegenseitige Abstand derselben in der Normalstellung des Auges ergeben müsse, wenn wir die Distanz der Pupillen mitten in der Normalstellung messen.

Ich habe diese Messungen an 30 erwachsenen Menschen ausgeführt und folgende Werthe erhalten:

Minimum	Maximum	Mittel
58 Mm	70 Mm	63,8 Mm

Rüte hat angenommen, dass beim Sehen in die unendliche Ferne die Augenmuskeln absolut ruhen, und da die Muskeln eines Todten sich selbstverständlich auch im Zustande absoluter Ruhe befinden, so würden, wenn *Rüte's* Annahmen richtig, auch die Augen des Todten sich in Normalstellung befinden und also zur Bestimmung des gegenseitigen Abstandes der y-Axen Gelegenheit bieten. Ich habe an 30 Leichen die Distanz der Pupillenmitten gemessen und folgende Werthe erhalten:

Minimum	Maximum	Mittel
55 Mm	70 Mm	63,1 Mm

Die grosse Uebereinstimmung der in beiden Beobachtungsreihen gefundenen Mittelwerthe spricht für die Richtigkeit der *Rüte*'schen Annahmen. Es beträgt also die gegenseitige Distanz der y-Axen in der Normalstellung der Augen, im Mittel von 60 Beobachtungen $\frac{63,1 + 63,8}{2} = 63,5$ Mm.

Wahrscheinlich ist dieses Mittel noch **ein wenig zu hoch**, denn ich habe meine Messungen vorwiegend an Männern angestellt und wahrgenommen, dass meine Minimalwerthe auf weibliche Individuen fallen.

Nachdem hiermit die relative Lage der y–Axen zu einander bestimmt ist, soll ihre Lage zur Augenhöhle bestimmt werden, und zwar zunächst ihr Abstand vom äussern Orbitalrande.

Die Distanz der äussern Orbitalränder unter einander, gemessen in einer durch die Pupillenmitten gelegten Horizontalen, betrug nach Messungen an 30 Leichen:

Minimum	Maximum	Mittel
90,5 Mm	108,0 Mm	100,7 Mm

dagegen nach Messungen an 30 lebenden Personen

Minimum	Maximum	Mittel
91 Mm	110,0 Mm	99,9 Mm

und nach *Welcker's* Untersuchungen, welcher dieselbe Distanz an 30 Schädeln deutscher Race bestimmte:

Minimum	Maximum	Mittel
90 Mm	112 Mm	99 Mm

die Distanz der äussern Orbitalränder beträgt also im Mittel von 90 Beobachtungen: $\frac{100,7 + 99,9 + 99}{3} = 99,9$ Mm.

Der Unterschied der halben Distanz der äussern Orbitalränder und der halben Distanz der Pupillenmitten, also: $49,95 - 31,55 = 18,4$ Mm giebt nun den Abstand der y–Axe vom äussern Orbitalrande. — Nachdem dieser gefunden, soll der Abstand vom innern Orbitalrande gesucht werden.

Die Bemessung der gegenseitigen Distanz der innern Orbitalränder wird dadurch erschwert, dass die Augenhöhle nach innen hin keine bestimmte Grenze hat. Ich habe nach *Welcker's* Vorgange die Breite der Augenscheidewand an dem Punkte gemessen, wo die Leiste des Thränenbeines an das Stirnbein anstösst. Legt man durch diesen Punkt eine Senkrechte, so findet sich, dass die innere Wand der Augenhöhle den bis dahin fest gehaltenen Parallelismus mit der Medianebene des Kopfes nach vorn hin plötzlich aufgiebt und sich merklich nach innen wendet. Diese Umbiegungsstelle haben *Welcker* und ich als die Grenze der Augenhöhle nach innen betrachtet, was jeden Falls den Vortheil hat, für die beabsichtigten Messungen einen bestimmten Anhalt zu bieten. Ich habe die Distanz der innern Orbitalränder an 30 Schädeln gefunden wie folgt:

Minimum	Maximum	Mittel
21 Mm	28 Mm	24,9 Mm

Welcker in 30 Messungen an männlichen Schädeln deutscher Race:

Minimum	Maximum	Mittel
20 Mm	32 Mm	24,9 Mm

Die Mittelwerthe stimmen also in beiden Beobachtungsreihen absolut überein und geben auf Grundlage von 60 Beobachtungen 24,9 Mm.

Der Unterschied der halben Distanz der y-Axen und der halben Breite der Augenscheidewand also 31,55 — 12,45 = 19,1 Mm entspricht dem Abstande der y-Axe vom innern Orbitalrande. Der Abstand derselben Axe vom äussern Orbitalrande betrug nahezu eben so viel, nämlich 18,4 Mm. Vernachlässigt man die höchst unbedeutende Differenz, so lässt sich sagen, die y-Axe liegt in der Horizontalebene des Auges zwischen dem innern und äussern Orbitalrande mitten innen.

Es war weiter zu untersuchen, welche Lage die y-Axe in der Sagittalebene der Augenhöhle einnimmt, d. h. in derjenigen senkrechten Ebene, in welcher die Sehlinie des ruhenden Auges liegt.

Die hierher gehörigen Beobachtungen wurden an Leichen in der Weise angestellt, dass ich in der gedachten Ebene zunächst die Distanz des obern und untern Orbitalrandes oder die Höhe der Augenhöhle bestimmte, und nachmals die Entfernung der Pupillenmitte vom obern Orbitalrande ausmaass.

Für die Höhe der Augenhöhle ergaben sich in 32 Beobachtungen folgende Werthe:

Minimum	Maximum	Mittel
28 Mm	37,4 Mm	33,9 Mm

der Abstand der Pupillenmitte vom obern Orbitalrande ergab in 32 Beobachtungen:

Minimum	Maximum	Mittel
13 Mm	20 Mm	16,7 Mm

der Abstand der y-Axe vom obern Orbitalrande beträgt also 16,7 Mm, der Abstand vom untern 33,9 — 16,7 = 17,2 Mm. Letzterer ist demnach etwas grösser befunden worden als ersterer, was Bedenken erregen könnte. Da nämlich oberhalb

des Augapfels ein Muskel mehr angebracht ist, als unterhalb, der *levator palpebrae*, so stünde zu erwarten, dass der Abstand des Bulbus vom Augenhöhlendache grösser wäre, als der vom Augenhöhlenboden, und dass in Folge dessen auch die *y*-Axe vom obern Orbitalrande weiter abläge, als vom untern. Gleichwohl wird man die von mir aufgestellten Zahlenwerthe nicht verdächtig finden, wenn man bedenkt, dass der Augenhöhlenboden vollkommen eben, dagegen die Augenhöhlendecke gewölbt ist, und dass durch diese Wölbung nach oben der für den *levator palpebrae* erforderliche Raum gewonnen wird.

Da wir nun von der Annahme ausgegangen sind, dass die drei Coordinatenaxen sich im Drehpunkte des Auges kreuzen, so bleibt gegenwärtig, nachdem wir die Lage der *y*-Axe zur Augenhöhle ermittelt haben, nun noch übrig den Ort des Drehpunktes in eben dieser Axe zu suchen.

Um dieser Aufgabe zu genügen, ist nur nöthig zu ermitteln, wie weit der Hornhautscheitel über eine, durch die äussern Orbitalränder gelegte, senkrechte Ebene vorspringt. Ist nämlich der Ort des Hornhautscheitels in der *y*-Axe hiermit bestimmt, so ist die Lage des Augapfels zur Augenhöhle ebenfalls bestimmt, und da wir den Ort des Drehpunktes im Auge schon kennen, so brauchen wir nur zu wissen, wie viel der Hornhautscheitel aus der Augenhöhle herausspringt, um angeben zu können, wie weit der Drehpunkt in das Innere derselben hineinspringt.

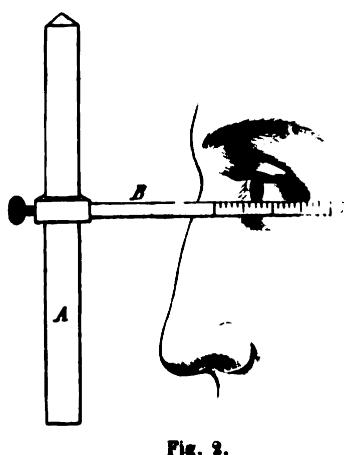


Fig. 2.

Um den Vorsprung des Auges über den äussern Orbitalrand zu messen, bediene ich mich eines aus Metall gefertigten galgenförmigen Instrumentes. Vergl. Fig. 2.

Das senkrechte, prismatische Stück *A* lässt sich mittels einer Schraube an einem Tische befestigen, und der horizontale Arm *B* ist, verschiebbar von oben nach unten, an ihm angebracht. Dieser horizontale Arm ist nichts anderes, als ein schmaler und dünner Maassstab, des-

sen Nullpunkt auf der Seite seines freistehenden Endes bei *o* angebracht ist.

Die Person, deren Augenlage in Frage kommt, bringt den Apparat vor sich so an, dass der verschiebbare Maassstab in ihrer Augenhöhle liegt, und der Richtung nach mit der Sehlinie parallel läuft. Die genauere Anforderung an die Lage des Maassstabes ist aber die, dass das freie Ende desselben auf dem äussern Orbitalrande, bei *o*, fest aufsitzt, und dass sein oberer horizontaler Rand ein Minimum unterhalb und parallel der optischen Axe des untersuchten Auges zu liegen kommt. Es soll nämlich der zur Seite stehende Beobachter bestimmen, über welchem Theilstriche des Maassstabes der Hornhautscheitel stehe, und kann dieser Aufgabe nur bei der angegebenen Lage des Instrumentes genügt werden.

Um genaue Maasse zu erhalten, sind mancherlei Vorsichtsmaassregeln nöthig. Vor Allem muss man dem Kopfe der zu untersuchenden Person ein sichres Widerlager geben, und durch Anbringung eines geeigneten Fixirpunktes dafür sorgen, dass das Auge während der Messung seine Normalstellung einhalte. Ganz besonders hat sich der Beobachter vor parallaktischen Fehlern zu hüten. Zu dem Ende führe ich die Messung in einer Entfernung von 12 — 15′ mit Hülfe eines Fernrohres aus, welches nach aussen von dem zu beobachtenden Auge so aufgestellt ist, dass seine Axe mit dem Maassstabe einen Winkel von 90⁰ bildet.

Der Abstand des Hornhautscheitels von einer durch die beiden äussern Orbitalränder gelegten senkrechten Ebene, beträgt nach meinen an 30 Personen ausgeführten Messungen:

Minimum	Maximum	Mittel
8 Mm	18 Mm	12,9 Mm

Die Entfernung des Drehpunktes vom Hornhautscheitel beträgt wie oben nachgewiesen 13,54 Mm. Zieht man von diesem Werthe den eben gefundenen Vorsprung ab, so ist 13,54 — 12,9 = 0,64 Mm der Abstand des Drehpunktes von der Verbindungslinie der äussern Orbitalränder. Da nun alle Coordinatenaxen im Drehpunkte sich schneiden, so ist einleuchtend, dass mit diesem Abstande auch die Lage der x-Axe zur Augenhöhle bestimmt ist.

Anderweitige Beziehungen der drei Coordinatenaxen zur Augenhöhle.

Ich messe die Entfernung vom hintersten Punkte der Augenhöhle bis zu der waagerechten Verbindungslinie der äussern Orbitalränder.

Das Verfahren, welches ich hierbei einschlage ist dies, dass ich den Schädel in seiner Normalstellung, beim aufrechten Stehen zwischen zwei aufgehangenen Lothen, so aufstelle, dass beide Orbitalränder in der Ebene der sich deckenden senkrechten Fäden liegen. Ist diese Lage hergestellt, so schiebe ich einen kleinen sehr schmalen Maassstab bis an die Hinterwand der Augenhöhle, befestige denselben mit weichem Wachse in seiner Lage und bestimme den Theilstrich des Maassstabes, welcher in die Visirlinie der sich deckenden Lothe fällt.

Messungen an 30 Schädeln ergaben:

Minimum	Maximum	Mittel
27 Mm	36 Mm	32,4 Mm

Ziehen wir von diesem Mittelwerthe den Abstand des Drehpunktes von der Verbindungslinie der äussern Orbitalränder ab, so erhält man 32,4 — 0,64 = 31,76 Mm als Abstand des Drehpunktes vom Hintergrunde der Augenhöhle.

Mit Hülfe des eben beschriebenen Verfahrens ist auch die Entfernung der Verbindungslinie der innern Orbitalränder vom Hintergrunde der Augenhöhle gemessen worden. In 30 Fällen ergaben sich folgende Werthe:

Minimum	Maximum	Mittel
34 Mm	46 Mm	40 Mm

Wenn man von diesem Mittelwerthe den Abstand des Drehpunktes vom Hintergrunde der Augenhöhle abzieht, so erhält man 40 — 31,76 = 8,24 Mm als den Abstand der Verbindungslinie der innern Orbitalränder vom Drehpunkte, in der Richtung nach vorn. Die Kenntniss dieses Werthes ist wichtig, weil die knorpliche Rolle durch welche die Sehne des *m. obliquus superior* hindurchtritt, und welche für die Mechanik der Bewegungen als die Ursprungsstelle dieses Muskels gelten muss, in der durch diese Verbindungslinie gelegten senkrechten Ebene angebracht ist.

Von nicht geringerer Wichtigkeit sind die Beziehungen des

foramen opticum zu den Coordinatenaxen, insofern nur wenn man diese kennt, die Ursprünge der geraden Augenmuskeln bestimmbar sind. Da das *foramen opticum* im hintersten Grunde der Augenhöhle angebracht ist, so ist seine y-Coordinate aus dem Vorhergehenden bereits bekannt. Sie beträgt, wie wir sahen: 31,76 Mm.

Um die x-Coordinaten des Sehlochs zu ermitteln, habe ich an 30 Keilbeinen und Schädeln die Distanz der Sehlöcher und zwar, genauer, die Distanz ihrer innern Ränder gemessen. Solche Messungen an Schädeln haben Schwierigkeiten. In der Mehrzahl der Fälle nimmt die Dicke der Augenhöhlen-Scheidewand, oder mit andern Worten der Querdurchmesser des Siebbeins, von den Sehlöchern nach vorn hin, zu, so dass selbst ein Tasterzirkel von gewöhnlicher Construction sich zum Messen nicht brauchen lässt. Ist nämlich der gegenseitige Abstand der Sehlöcher kleiner als die Breite des Siebbeines, so klemmt der Zirkel beim Zurückziehen, und kann ohne Veränderung seiner Einstellung nicht wieder aus den Augenhöhlen entfernt werden. Nur ein Tasterzirkel mit elastischen Armen erwies sich brauchbar und führte auf folgende Werthe:

Minimum	Maximum	Mittel
24 Mm	34,5 Mm	29,1 Mm

Der Unterschied der halben Distanz der y-Axen und der halben Distanz der Sehlöcher, also 31,55 — 14,55 = 17 Mm giebt den Abstand der innern Ränder der Sehlöcher von der y-Axe. Selbstverständlich liegt das Centrum des Sehlochs nicht ganz so weit nach innen, und habe ich daher die Coordinate des Centrum auf der x-Axe = — 16 Mm angenommen.

Ziemlich mühsam ist auch die Ermittelung der Coordinate der z-Axe. Zum Messen bediene ich mich eines auf Kartenpapier gezeichneten sehr schmalen und leichten Maassstabes. Ich klebe denselben mit Wachs so vor die Augenhöhle, dass seine Fläche in die Sagittalebene des Auges und sein Nullpunkt in die Höhe des obern Orbitalrandes zu liegen kommt. Nachdem ich nun dem Schädel auf einer weichen Thonunterlage die Stellung gegeben, die er bei einem aufrecht stehenden Menschen einnimmt, führe ich eine feine Stricknadel in horizontaler Richtung in die Augenhöhle, bis in den Eingang des Sehloches. Um dieser Nadel eine feste Stellung zu geben, ist auf den

Boden der Augenhöhle ein Klümpchen weicher Thon aufgeklebt, in welchen ich die Nadel eindrücke, bis sie die richtige, horizontale Lage hat, und sich mit dem Maassstabe, an dem sie anliegen muss, rechtwinklich kreuzt.

Man sieht leicht worauf der Versuch hinzielt. Wir haben gefunden, dass die Entfernung der y–Axe vom obern Orbitalrande sich zur Höhe der Augenhöhlenöffnung wie 16,7 : 33,9 verhält. Offenbar hat man die z–Ordinate des Sehlochs $= o$ zu setzen, wenn der Abstand der Stricknadel vom obern Orbitalrande zur Augenhöhle in demselben Verhältniss steht.

In meinen Versuchen ist der Maassstab so angebracht, dass man die Höhe der Augenhöhlenöffnung unmittelbar ablesen kann. Ich bestimme also in jedem Falle zunächst diesen Werth = H, und dann den Abstand der Nadel vom obern Orbitalrande, bezeichnet mit h. Die Messungen an 30 Schädeln ergaben:

	Minimum	Maximum	Mittel
H	= 31 Mm	39 Mm	34,8 Mm
h	= 11,5 Mm	19 Mm	16,5 Mm

Nun verhält sich 33,9 : 16,7 = 34,8 : 17,1. Die Messungen haben aber für h nur 16,5 Mm ergeben, und liegt also das Sehloch nicht in der Horizontalebene des Auges, sondern etwas höher. Die z–Ordinate seiner Mitte beträgt 0,6 Mm.

Zur Rechtfertigung dieser Bestimmung muss ich noch anführen, dass ich an dem Ende der Stricknadel, welches in das *foramen opticum* eingeführt wird, einen kleinen Wachskegel anbringe, dessen Basis der Grösse des Loches gleich kommt, und dessen Axe mit der Nadel denselben Winkel bildet, welchen der zum Austritt des Sehnerven dienende Knochenkanal mit der Führungslinie der Orbita bildet. Mit Rücksicht hierauf ist anzunehmen, dass der im Vorstehenden bemerkte z–Werth auf die Mitte des Sehlochs zu beziehen sei.

Trotz alles auf diese Versuche verwandten Fleisses kann der für die z–Ordinate gefundene Mittelwerth = 0,6 Mm nicht für besonders zuverlässig gelten. Er ist abhängig von der dem Schädel gegebenen Stellung, und ich habe diese Stellung, welche mit der beim aufrechten Stehen zusammenfallen sollte, nur mittels Augenmaasses zu Stande gebracht. Unter diesen Umständen würde ich auf das Resultat meiner Versuche ein

sehr geringes Gewicht legen, wenn nicht die nach beiden Seiten hin fallenden Fehler der Schätzung in grossen Beobachtungsreihen sich ausglichen.

Ich glaube noch hinzufügen zu müssen, dass die in 30 Beobachtungen gefundenen Coordinaten der z-Axe zwischen 5 Mm und — 5,5 Mm schwankten. Diese grosse Breite der Schwankungen ist nun nicht etwa als Maassstab für die eben besprochene Mangelhaftigkeit meiner Messungen aufzufassen. Ich habe eine Anzahl Schädel in einer der Führungslinie der Orbita parallelen Richtung so durchsägt, dass die Lage des vom Schnitte nicht berührten Sehlochs übersehbar wurde, und habe mich überzeugt, dass der Ort des Sehlochs in der Augenhöhle die auffälligsten Verschiedenheiten zeigt. Es kommt vor, dass das *foramen opticum* auf dem Boden der Augenhöhle aufsitzt, während es in andern Fällen 10 — 12 Millimeter über demselben angebracht ist. So auffallend würden die Abstände des Sehlochs vom Boden der Augenhöhle nicht schwanken, wenn nicht die Coordinaten desselben in der z-Axe ebenfalls merklichen Schwankungen unterlägen.[1])

Bestimmung der Ursprünge und Ansätze der geraden Augenmuskeln.

Da sich die geraden Augenmuskeln um die Eintrittsstelle des Sehnerven in die Orbita an den Rand des Sehlochs ansetzen, so würde man wenig irren, wenn man die Coordinaten des letzteren (= — 16 x, 31,76 y, und 0,6 z im Centrum) ohne Weiteres für die Coordinaten der Muskelursprünge selbst nähme. Indess habe ich doch vorgezogen, an jenen Werthen noch kleine Correcturen anzubringen, bei denen ich auf folgende Punkte Rücksicht nehme:

1) Die Muskeln entspringen nicht vom Centrum des Sehlochs, sondern von dessen Rande. 2) Sie entspringen nicht von der Peripherie des Loches unmittelbar, sondern etwas weiter excentrisch. 3) liegt das *foramen opticum* weder in der

---

1) Mich dünkt, dass diese Schwankungen in der Lage des Sehlochs sehr interessant sind, da sie darauf hinweisen, dass auch die Muskelebenen des innern und äussern geraden Augenmuskels bei verschiedenen Menschen sehr verschiedene Lagen haben können.



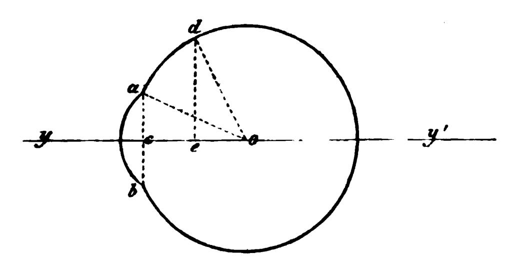
Ebene der hintern Augenhöhlenwand, noch in der Ebene der innern, sondern es liegt in dem Winkel wo jene und diese zusammenstossen. Es hat also einen hintern und äussern und einen vordern und innern Rand, von welchem letzteren noch zu bemerken ist, dass er unmittelbar in die innere Augenhöhlenwand übergeht und somit der y–Axe parallel läuft.

Dass mit Rücksicht auf die eben ausgeführten drei Punkte die Coordinaten des Sehloches, beziehlich auf dessen Mitte, einer Correctur bedürfen, um als Coordinaten der Muskelursprünge gelten zu können, ist selbstverständlich, und eben so kann über die Richtung in welcher die Correctur vorgenommen werden müsse, verständiger Weise kein Streit sein. Nur über die Grösse der Correcturen liesse sich rechten, da diese von mehr oder weniger willkührlichen Schätzungen abhängt. Indess unterlasse ich die von mir beliebten Grössenveränderungen speciel zu begründen, da mir die Sache nicht wichtig genug erscheint, um eine Auseinandersetzung, die viel Raum erfordern würde zu rechtfertigen. Natürlich sind die Correcturen in allen Fällen sehr klein und die Fehler, welche sich in Folge unsichrer Schätzungen in sie einschleichen können, noch kleiner.

Anlangend die Bestimmung der Muskelansätze, so muss man sich, weil die an die Sclerotica tretenden Sehnen eine ziemliche Breite haben, an die Mitte der Sehnenansätze halten. Dies hat bei dem allmäligen Uebergange der Sehnen in das benachbarte Zellgewebe Schwierigkeiten, und ist daher eine gewisse Willkühr in Bestimmungen unvermeidlich. Ich habe angenommen, was jedenfalls der Wahrheit sehr nahe kommt, dass die Ansätze des obern und unteren geraden Augenmuskels in die Sagittalebene, die des innern und äussern dagegen in die Horizontalebene des Auges fallen. Mit dem Zirkel gemessen wurden die Distanzen der Muskelansätze vom Rande der Hornhaut, und weiter die Sehne der Hornhautkrümmung, sowohl im Querschnitt als Längenschnitt.

Mit Hülfe der so gewonnenen Mittelwerthe lassen sich die x- y- und z-Coordinaten der Muskelansätze trigonometrisch berechnen, wenn man den Bulbus als eine Kugel von bekanntem Durchmesser, $r = 12,25$ Mm betrachtet.





Sei o das Centrum der Kugel, $a\,b$ die Sehne der Hornhautkrümmung, d der Ansatzpunkt des Muskels und $a\,d$ dessen Abstand vom Hornhautrande. Nun ist $a\,c = \frac{1}{2}\,a\,b$ gegeben, eben so $a\,o = d\,o = r$. Es ist also $\sin a\,o\,c = \frac{a\,c}{a\,o}$.

Weiter ist der mit dem Zirkel gemessene Abstand $a\,d$ der Sehne des zu dem $< d\,o\,a$ gehörigen Bogens. Der Quotient aus dem Radius in die Hälfte dieser Sehne ist der Sinus des halben Winkels $d\,o\,a$. Man kann also die Grösse der $< a\,o\,c$ und $d\,o\,a$ in den Tafeln finden, und ihre Summe entspricht dem $< d\,o\,c$. Wenn man nun von d aus eine Senkrechte auf die Axe $y\,y'$ nach e fällt, so ist $d\,e = d\,o\,.\,\sin d\,o\,e$ die gesuchte z-Coordinate.

Ferner ist $e\,o = d\,o\,.\,\cos : d\,o\,e$. Dieser Werth, mit negativen Vorzeichen, würde der Ordinate der y-Axe entsprechen, wenn wir den Anfang der Coordinatenaxen in den Mittelpunkt des Augapfels und nicht 1,29 Mm weiter nach hinten in den Drehpunkt gelegt hätten. Man erhält also die y-Coordinate durch Summation von $e\,o + 1{,}29$ Mm.

Was die zum Rechnen erforderlichen Werthe anlangt, so kann man für die geraden Augenmuskeln die Angaben *C. F. Krause's* unverändert beibehalten. Es ist demnach:

die Sehne der Hornhautkrümmung in der Querrichtung

Min. 10,98 Mm Maxim. 12,37 Mm Mittel 11,68 Mm

dieselbe Sehne in senkrechter Richtung

Min. 10,60 Mm Maxim. 11,31 Mm Mittel 10,96 Mm

Abstand des *m. rectus sup.* von der Hornhaut

im Mittel 7,54 Mm

Abstand des *m. rectus infer.* von der Hornhaut

im Mittel 7,07 Mm

Abstand des *m. rectus int.* von der Hornhaut
im Mittel 6,91 Mm
Abstand des *m. rectus extern.* von der Hornhaut
im Mittel 7,85 Mm.

Bestimmung der Ursprünge und Ansätze der schiefen Augenmuskeln.

Der obere schiefe Augenmuskel entspringt zwar, anatomisch betrachtet, vom Rande des Sehloches, aber wenn es sich um die Erklärung seiner Bewegungen handelt, von dem Knorpelringe, welcher zum Durchtritt seiner Sehne dient. Es sind also die Ordinaten dieses Ringes zu suchen.

Um die erforderlichen Messungen auszuführen, habe ich folgende anatomische Vorbereitungen getroffen. Nachdem an einer Leiche die Schädeldecke und das Gehirn entfernt worden, mache ich mit der Säge in der Querrichtung des Schädels hinter dem Türkensattel einen senkrechten Einschnitt, und von dem vorderen Nasenstachel, gegen das Gelenk des Unterkiefers einen zweiten, horizontalen. Indem beide Schnitte zusammentreffen, erhalte ich die Augenhöhle mit ihrem Inhalte in einem besondern und sehr handlichen Stücke. Ich lege dasselbe mit der horizontalen Schnittfläche auf den Tisch und kann nun mit der grössten Bequemlichkeit die Augenhöhle von oben her öffnen. Ich entferne also mit dem Meissel zunächst die knöcherne Decke der Augenhöhle, dann die den Bulbus nach oben bedeckenden Weichtheile, und alle zur Augenhöhle gehörigen Knochen, in so weit sie über den zu höchst gelegenen Punkt des Auges hinausragen. Schliesslich wird auch der obere Orbitalrand mit dem zugehörigen Lide abgetragen, so dass die Trochlea so wohl von oben her als von vorn vollkommen frei liegt.

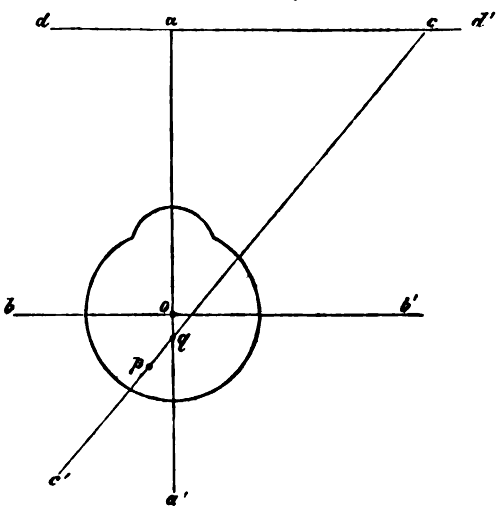
An einem solchen Präparate sieht man ohne Weiteres, dass die Sehne des obern schiefen Augenmuskels einen horizontalen, d. h. der x–Axe parallelen Verlauf nimmt, woraus sich ergiebt, dass für den Ursprung des *obliquus superior* die Ordinate der z–Axe dem Radius des Augapfels gleich und mithin auf 12,25 Mm zu veranschlagen ist.

Man sieht ferner, dass sich die Rolle unmittelbar über der Leiste des Thränenbeines, also an der Stelle der Augenhöhle anheftet, die wir als innern Orbitalrand betrachtet und deren

Ordinate in der y–Axe wir mit 8,24 Mm schon bestimmt haben. Es bleibt also nur noch die Ordinate der x–Axe zu ermitteln. Um diese finden zu können, spanne ich in der Sagittalebene des Auges einen Faden so aus, dass er eine horizontale Lage einnimmt und mit dem obersten Punkte des Auges in Berührung kommt. Der Abstand dieses Fadens von dem Punkte der Muskelsehne, wo diese die Trochlea verlässt, giebt die Ordinate der x–Axe. Ich habe sie im Mittel zahlreicher Messungen $= -15,27$ Mm gefunden, ein Werth, der nur geringen Schwankungen unterworfen ist, und in andern Erfahrungen, die ich schon vorgelegt habe, eine Stütze findet.

Wir haben nämlich durch Messungen am Schädel, welche bei weitem die zuverlässigsten sind, constatirt, dass der Abstand des inneren Orbitalrandes von der Sagittalebene des Auges 19,1 Mm beträgt. Da nun die Trochlea, welche am innern Orbitalrande ansitzt, merklich in die Augenhöhle hineinspringt, so muss die Distanz der von der Trochlea abgehenden Sehne bis zur Sagittalebene etwas kleiner sein. Subtrahiren wir die letztere Distanz von der ersteren, so erhalten wir $19,1 - 15,27 = 3,83$ Mm, welcher Werth nun dem Einspringen der Trochlea in die Augenhöhle entsprechen müsste, wogegen nach Wahrscheinlichkeitsgründen nichts einzuwenden ist.

Um den Ansatzpunkt des *m. obliquus superior* zu bestimmen, bediene ich mich wieder des im Vorstehenden beschriebenen anatomischen Präparates. Die beistehende Figur bedeutet ein Präparat des linken Auges, von oben gesehn. Die Linien aa', bb', cc', dd' bedeuten feine Fäden, welche über dem Auge so aufgespannt sind, dass sie in einer Horizontalebene liegen,



welche auf dem obersten Punkte des Bulbus aufliegt. Der Faden $a\,a'$ verläuft in der Sagittalebene, der Faden $b\,b'$ in der Aequatorialebene des Auges, welche beide sich im Mittelpunkte o des letzteren kreuzen. Der Faden $c\,c'$ ist so gespannt, dass er mit der Axe der Sehne des *m. obliquus superior* zusammenfällt, und der Faden $d\,d'$ ist parallel $b\,b'$.

Ich bilde mir also ein rechtwinkliches Dreieck $a\,q\,c$ und spanne die Fäden desselben so, dass die Seiten desselben sehr gross sind und genaue Messungen erlauben. Nun ist $\frac{a\,c}{a\,q}$ = tang $\vee\, a\,q\,c$ und man findet also zunächst die Grösse des Winkels, unter welchem die Sehne des *m. obliquus superior* die Sehaxe schneidet. Ich habe diese Versuche an 33 Augen ausgeführt und für den in Frage stehenden Winkel folgende Werthe erhalten:

Minimum	Maximum	Mittel
40° 10′	61° 3′	47° 24′

Ich bemerke ausdrücklich, dass der wahrscheinliche Fehler meiner Grössenbestimmungen nur etwa $^1/_{100}$ beträgt, und dass demnach die auffallenden Differenzen der Grenzwerthe des Winkels beweisen, dass die Lage der obern schiefen Augenmuskeln und dem entsprechend ihre mechanischen Leistungen sehr grossen Schwankungen unterliegen.

Mit Hülfe der Fäden $a\,a'$ $b\,b'$ $c\,c'$ lassen sich nun auch die Ordinaten der x– und y–Axe finden. Sei p der Ort des Ansatzes der Sehne, so entspricht der Abstand des Punktes p von dem Faden $a\,a'$ der x–Axe. Messungen an 31 Augen ergaben folgende Werthe:

Minimum	Maximum	Mittel
0,5 Mm	5,5 Mm	2,9 Mm

Der Abstand des Punktes p von der Linie $b\,b'$ würde die Ordinate der y–Axe ergeben, wenn $b\,b'$ durch den Drehpunkt und nicht durch den Mittelpunkt des Auges gelegt wäre. Da der Drehpunkt 1,29 Mm hinter dem Mittelpunkte liegt, so muss man jenen Abstand um 1,29 Mm verkleinern, wenn man die y–Ordinate zu bestimmen beabsichtigt. Nach Ausführung dieser Subtraction erhielt ich in 31 Fällen folgende Werthe:

Minimum	Maximum	Mittel
1,71 Mm	6,71 Mm	4,41 Mm

Die z–Coordinate fand ich im Mittel = 11,05 Mm, ein Werth den ich mit Hülfe der Formel: $z = \sqrt{r^2 - x^2 - y^2}$ aus den gegebenen Grössen $r = 12,25$ $x = 2,9$ und $y = 4,41$ berechnet habe.

Der *m. obliquus inferior* entspringt neben dem knöchernen Eingange in den Thränenkanal, im Mittel drei Millimeter weiter nach aussen. Ich notire diesen Punkt am Schädel und bestimme seine Ordinaten in der x– und z–Axe mit Hülfe der Erfahrung, dass die Sagittalebene den Ausgang der Augenhöhle in zwei gleiche Hälften theilt, während die Horizontalebene dem obern Orbitalrande im Mittel um 0,63 Mm näher liegt, als dem untern.

Ich klebe also zwei Fäden, den einen senkrecht, den andern waagerecht, vor die Augenhöhle, so dass sie sich in der Mitte vor ihrer Ausgangsöffnung kreuzen, und messe den Abstand des notirten Punktes von beiden Fäden. Es ist klar, dass die Abstände von dem senkrechten Faden die x–Ordinaten unmittelbar geben, während die Abstände vom senkrechten Faden um 0,63 kleiner ausfallen, als die Ordinaten der z–Axe, und demnach einer entsprechenden Vergrösserung bedürfen.

Die an 30 Schädeln ausgeführten Messungen ergaben für die Ordinate der x–Axe:

Minimum	Maximum	Mittel
— 8,5 Mm	— 14 Mm	— 11,1 Mm

und für die Ordinaten der z–Axe, nach Ausführung der erwähnten Correctur:

Minimum	Maximum	Mittel
— 12,63 Mm	— 18,13 Mm	— 15,43 Mm

Die Ordinaten der y–Axe erhielt ich, indem ich die Entfernung des notirten Punktes vom *foramen opticum* nach der im Vorhergehenden beschriebenen Methode maass und dann den Abstand des Sehlochs vom Anfangspunkte des Coordinatensystems mit 31,76 Mm in Abzug brachte. Dabei fand sich

Minimum	Maximum	Mittel
— 6,14 Mm	— 14,24 Mm	— 11,34 Mm

Anlangend den Ansatz des untern schiefen Augenmuskels so habe ich die Ordinaten der x– und y–Axe in derselben Weise

wie für den Ansatz des obern schiefen Augenmuskels zu bestimmen gesucht.

Ich erhielt in 30 Fällen als x–Ordinate:

Minimum	Maximum	Mittel
5,67 Mm	10,67 Mm	8,71 Mm

und für die Ordinate der y–Axe:

Minimum	Maximum	Mittel
4,88 Mm	9,88 Mm	7,18 Mm

Die Ordinaten der z–Axe erlaubten nur eine ungefähre Bestimmung. Der Ansatzpunkt des Muskels liegt annäherungsweise in der Horizontalebene des Auges wonach die z–Ordinate $= o$.

In nachstehender Tabelle sind nun die Ordinaten der Ursprünge und Ansätze der Augenmuskeln übersichtig zusammengestellt, die Maasszahlen in Millimetern. Zum Verständniss des hohen y–Werthes für den Ursprung des *m. rectus externus* mag bemerkt werden, dass die Sehne dieses Muskels nicht am *foramen opticum* sondern weiter hinten entspringt, und zwar ausserhalb der Augenhöhle, vom kleinen Keilbeinflügel.

	Ursprünge.			Ansätze.		
Muskeln	x	y	z	x	y	z
rectus super.	— 16	31,76	8,6	0,0	— 7,63	10,48
rectus infer.	— 16	31,76	— 2,4	0,0	— 8,02	— 10,24
rectus extern.	— 13	34,0	0,6	10,08	— 6,50	0,0
rectus intern.	— 17	3,00	0,6	— 9,65	— 8,84	0,0
obliquus super.	— 15,27	— 8,24	12,25	2,90	4,41	11,05
obliquus infer.	— 11,10	— 11,34	— 15,46	— 8,71	7,18	0,0

Nicht uninteressant wird es sein, meine Maasszahlen mit denen von *Rüte* zu vergleichen, welche ich in der folgenden Tabelle zusammenstelle. Dabei ist zu beachten, dass *Rüte* den Anfangspunkt des Coordinatensystems in den Mittelpunkt des Auges verlegt hat, was einen Einfluss auf die Ordinaten der y–Axe ausübt. Die von *Rüte* notirten y–Werthe müssen bei positivem Vorzeichen 1,29 Mm grösser, bei negativem Vorzeichen um eben so viel kleiner sein, als die von mir verzeichneten.

Muskeln	Ursprünge. x	y	z	Ansätze. x	y	z
rectus super.	— 10,67	32,0	4,0	2,0	— 5,67	10,0
rectus infer.	— 10,80	32,0	— 4,0	2,2	— 5,77	— 10,0
rectus extern.	— 5,4	32,0	0,0	10,8	— 5,0	0,0
rectus intern.	— 11,67	3,2	0,0	— 9,9	— 6,0	0,0
obliquus super.	— 11,1	— 10,0	12,0	2,0	3,0	11,0
obliquus infer.	— 8,1	— 6,0	— 15,0	8,0	6,0	0,0

Wenn man beide Tabellen vergleicht, so findet sich dass die Angaben über die Muskelansätze ganz leidlich zusammenstimmen, während die über die Muskelursprünge zum Theil beträchtlich von einander abweichen. Man könnte fragen ob es nicht rathsam sei, die acht Beobachtungen von *Rüte* mit meinen 30 Fällen zusammen zu werfen, und aus der Summe sämmtlicher Messungen neue Mittelwerthe zu berechnen. Indess habe ich bei näherer Prüfung dies doch nicht für zweckmässig erachtet, denn da fast alle meine Messungen mit Hülfe viel genauerer Versuchsmethoden ausgeführt sind, als die *Rüte*'schen, so würden sie durch eine Verschmelzung mit letzteren voraussichtlich nur verlieren. Specielle Untersuchungen unterstützen diese Vermuthung.

Es ist oben erwiesen worden, dass der Augapfel sehr angenähert die Form einer Kugel darstellt und auch *Rüte* betrachtet ihn als solche. Er hat den Anfangspunkt seines Coordinatensystems in den Mittelpunkt des Augapfels gelegt, und da die Ansätze aller Augenmuskeln in die Oberfläche der Kugel fallen, so müssen ihre Coordinaten der Gleichung der Kugel entsprechen, nach welcher

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$\text{oder} \quad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Nun beträgt aber r im Mittel 12,25 Mm und zwar nicht blos nach meinen Messungen, sondern auch nach denen von *Huschke*, *Krause* und *Brücke*. Wenn wir also für x, y, z auf der rechten Seite der Gleichung die von *Rüte* beobachteten Coordinaten einführen, so sollten wir $r = 12,25$ Mm erhalten.

Indess ist der berechnete Werth *r* für sämmtliche Augenmuskeln kleiner, und fällt für den untern schiefen Augenmuskel mit 10 Mm noch unter den von mir beobachteten Minimalwerth des Radius.

Das Ergebniss der Rechnung ist also für *Rüte* kein günstiges, und doch dürften seine Angaben über die Ansätze der Augenmuskeln immer noch mehr Zutrauen verdienen, als die über deren Ursprünge. Da nämlich die Augenmuskeln von den Wandungen der Orbita entspringen, so lassen sich die Coordinaten der Muskelursprünge nur messen, wenn die Lage der Coordinatenaxen zur Augenhöhle gegeben ist, und allem Anscheine nach hat sich *Rüte* mit der Ermittelung dieser Lage gar nicht beschäftigt. Er würde, wenn er diese eben so schwierigen als wichtigen Untersuchungen in die Hand genommen hätte, eine Mittheilung seines Experimentalverfahrens sicherlich nicht unterlassen haben.

Man darf also annehmen, dass *Rüte's* x- y- z-Coordinaten der Muskelursprünge auf Messungen beruhen, denen nicht sowohl Versuche als ungefähre Schätzungen bezüglich der Lage der Coordinatenaxen zur Augenhöhle zu Grunde liegen. Es ist einleuchtend, dass solche Messungen nicht zuverlässig sein können, auch lässt sich in einigen Fällen die Unrichtigkeit derselben bestimmt nachweisen.

Rüte hat die x-Coordinaten für die Ursprünge der geraden Augenmuskeln unzweifelhaft unterschätzt. Die innern Wandungen der Augenhöhlen verlaufen geradlinig nach vorn, der y-Axe des ruhenden Auges fast genau parallel. Da nun das *foramen opticum* im innersten hintersten Winkel der Augenhöhle liegt und theilweise der inneren Wand selbst angehört, so kann sein Abstand von der y-Axe nicht merklich kleiner sein, als der Abstand der innern Augenwand vom Augencentrum. Was nun diesen letzteren anlangt, so entspricht er dem Radius des Auges vermehrt um den Abstand des Bulbus vom Siebbeine, ein Raum der ausreichen muss, um den innern geraden Augenmuskel und das ihn umgebende Fettgewebe zu bergen. Man kommt also auf eine Grösse von 16—17 Mm und werden daher Muskeln, welche am Umfange des Sehlochs entspringen, wie der obere, untere und äussere gerade Augenmuskel, unmöglich so kleine x-Coordinaten haben, als *Rüte* angiebt. Seine Maasszahlen

sind, wenn man vom *rectus internus* absieht, merklich kleiner als der Radius, während sie 4 — 5 Mm grösser sein müssen.

Auch die Angaben über die Ursprünge der schiefen Muskeln erregen Bedenken. Die Ordinaten der y-Axen sind für den *obliquus superior* mit — 10 Mm, für den *obliquus inferior* mit — 6 Mm angegeben. Das heisst mit andern Worten, der Ursprung des obern schiefen Augenmuskels, von der Trochlea gerechnet, liegt der Antlitzfläche um 4 Mm näher, als der Ursprung des untern schiefen Augenmuskels vom innern und unteren Orbitalrande. Das Verhältniss ist aber gerade das umgekehrte. Wenn man eine grössere Anzahl von Schädeln vergleicht, in welchen die Ursprungsstelle des obern schiefen Augenmuskels durch die Gegenwart einer *spina* oder *fovea trochleae* bezeichnet ist, so überzeugt man sich leicht, dass eine durch diesen Punkt gelegte Senkrechte in der grossen Mehrzahl der Fälle hinter dem Eingange zum Thränenkanale, seltner neben demselben, aber nie vor ihm auf dem Boden der Augenhöhle auftrifft. Dies widerspricht der *Rüte*'schen Angabe, da der *obliquus inferior* neben dem Eingange des Thränenkanals, nur etwa 3 Mm weiter nach innen seinen Ursprung nimmt.

Wenn nun die Lage der Muskelebenen genauer, als bisher geschehn, bestimmt ist, so lässt sich auch die Lage der Drehaxen für jeden Augenmuskel genauer angeben. Man bestimmt diese Richtung durch Angabe des Winkels, welchen die Drehaxe mit jeder der drei Coordinatenaxen einschliesst. Nun gehören aber zu jeder Axe zwei Nebenwinkel, auf der einen Seite der Muskelebene ein spitzer, auf der andern ein stumpfer, woraus ersichtlich dass die Grössenbestimmungen der bezüglichen Winkel die vorläufige Aufstellung eines Princips der Lagenbestimmung erfordert. Ich werde auch hier dem Vorgange *Fick's* folgen. Man denke sich der Muskelebene gegenüber so stehend, dass die fragliche Drehaxe in der Fortsetzung der eignen Sehlinie liegt, und dass die Drehung um die Axe so erfolgt, wie die des Uhrweisers bei Betrachtung eines Zifferblattes, dann soll die dem Auge zunächst gelegene Hälfte der Drehaxe diejenige sein, deren Winkel mit den positiven Seiten der drei Coordinatenaxen in Frage kommt.

In nachstehender Tabelle sind die Winkel, welche die Drehaxen mit den Coordinatenaxen x, y, z einschliessen, unter λ, μ, ν für das rechte Auge angegeben. Eine besondre An-

gabe der Winkel für das linke Auge ist überflüssig, sie sind die Complemente der Winkel des rechten Auges zu 180°.

Grössen der Winkel[1])

	λ	μ	ν
rectus super.	150° 5′	113° 47′	107° 5′
rectus infer.	31° 53′	66°	108° 34′
rectus extern.	90° 52′	91° 20′	1° 25′
rectus intern.	90° 41′	89° 15′	178° 59′
obliquus super.	53° 48′	146° 42′	79° 15′
obliquus infer.	129° 12′	89° 54′	96° 14′

Die Richtung der Drehaxe in Worten ausgedrückt ist also folgende:

1) *m. rectus superior*
von vorn, innen und unten, nach hinten, aussen und oben,
2) *m. rectus inferior*
von vorn, innen und oben, nach hinten, aussen und unten,
3) *m. rectus externus*
von oben, innen und vorn, nach unten, aussen und hinten,
4) *m. rectus internus*
von oben, aussen und vorn, nach unten, innen und hinten,
5) *m. obliquus superior*
von vorn, aussen und oben, nach hinten, innen und unten,
6) *m. obliquus inferior*
von vorn, aussen und oben, nach hinten, innen und unten.

Hiernach liegt die Bewegung, welche ein bestimmter und für sich allein wirkender Muskel vermittelt, klar vor Augen. Das mobile Ende des Muskels nähert sich nämlich dem immobilen Ursprunge desselben, unter Festhaltung einer Ebene, auf welcher die Drehaxe normal steht. Aus diesem Gesetze ergiebt sich, dass keiner der geraden Augenmuskeln für sich allein im Stande ist die Bewegung hervor zu bringen, welche zu seiner Bezeichnung als oberer, unterer, innerer oder äusserer Veranlassung gegeben. Der obere und der untere gerade Augenmuskel richten die Sehlinie nicht einfach nach oben oder unten, sondern gleichzeitig nach innen, und der innere und der äussere gerade Augenmuskel richten dieselbe nicht blos nach in-

1) Vergl. die Angaben von *Fick* a. a. O. Seite 114; und die von *Rüte* a. a. O. Seite 30.

nen oder aussen, sondern gleichzeitig nach oben. Man sieht hieraus, dass selbst die scheinbar einfachsten Bewegungen nicht ohne ein Zusammenwirken verschiedener Muskeln ausführbar sind. Ich werde auf diesen Gegenstand weiter unten zurückkommen.

Maass und Gewicht der menschlichen Augenmuskeln.

Um die Wirkungen der Muskeln beurtheilen zu können, genügt es nicht ihre Ursprünge und Ansätze bestimmt zu haben, man muss auch ihre Längen und Querschnitte kennen, indem von ersteren die Grösse, von letzteren die Kraft der Bewegung abhängt. So viel ich weiss ist über diese Werthe noch nichts veröffentlicht worden, und will ich daher meine Beobachtungen, obschon sie nur an sechs männlichen Leichen angestellt wurden, mittheilen.

Bei den Längenmessungen wurde nur die Länge der Fleischfasern berücksichtigt. Die Muskeln wurden auf's Sorgfältigste rein präparirt, nach Entfernung der Sehnen gemessen und dann gewogen. Nimmt man zunächst an, der Muskel habe das Gewicht des Wassers, so ergiebt sich aus dem Gewichte sein Volumen und durch Division des Volums mit der Länge sein mittlerer Querschnitt. Dieser Querschnitt verhält sich aber zum wahren Querschnitte des Muskels, wie das specifische Gewicht des letzteren zu dem des Wassers, nach meiner Annahme wie 1058 : 1000. Das Nähere besagt die nachfolgende Tabelle, welche die Länge der Muskeln in Millimetern, das Gewicht derselben in Grammen verzeichnet. (Siehe die Tab. nächste S.)

Aus diesen Beobachtungen ergeben sich folgende Mittelwerthe:

	rectus superior	*rectus internus*	*rectus inferior*	*rectus externus*	*obliquus superior*	*obliquus inferior*
Gewicht	0,514	0,747	0,671	0,715	0,285	0,288
Länge	41,8	40,8	40,0	40,6	32,2	34,5
Querschnitt	11,34	17,39	15,85	16,73	8,36	7,89 □Mm
relative Schwere	1	1,45	1,30	1,39	0,55	0,57

Länge und Schwere der Augenmuskeln.

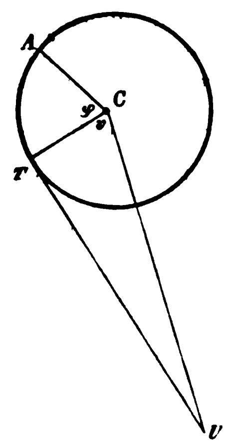
Körperseite	m. rectus superior		m. rectus internus		m. rectus inferior		m. rectus externus		obliquus superior		obliquus inferior	
	Länge	Schwere	Länge	Schwere	Länge	Schwere	Länge	Schwere	Länge	Schwere	Länge	Schwere
rechts	46	0,588	44	0,784	44	0,750	41,5	0,790	32	0,295	31,6	0,265
links	49	0,610	44	0,778	45	0,761	41,2	0,706	32,3	0,282	33,6	0,244
rechts	40	0,558	41	0,640	38	0,788	38	0,684	31	0,307	37	0,331
links	40	0,572	39,3	0,770	40	0,750	39	0,688	30	0,295	34	0,320
rechts	41	0,445	40	0,635	41	0,626	42	0,645	36	0,270	33	0,305
links	42,5	0,465	42	0,689	43	0,618	42,5	0,653	34	0,240	35	0,307
rechts	38	0,520	39	0,750	37	0,624	39	0,692	34	0,303	32	0,207
links	40	0,591	39	0,864	38	0,742	39,5	0,767	34	0,364	30	0,305
rechts	45	0,316	44	0,860	41,5	0,709	41,5	0,880	34	0,280	38	0,312
links	44	0,309	43,5	0,852	40,5	0,667	45	0,832	35	0,265	38	0,312
rechts	39	0,414	44	0,670	37	0,539	44	0,625	34	0,254	36	0,272
links	37	0,294	36	0,685	35	0,538	37	0,625	29	0,261	36,5	0,272

Von der Contractilität der Augenmuskeln.

Ich habe schon oben bemerkt, dass ein Theil jedes Augenmuskels an dem kugelförmigen Bulbus anliegt, und dass bei Verkürzung der contractilen Fasern Rotationsbewegungen entstehn müssen, wenn jener anliegende Theil sich abwickelt. Es scheint dass diese Abwickelungen die Grenze bezeichnen, bis zu welcher die Verkürzung eines Augenmuskels überhaupt fortschreiten könne. Würden nämlich die Fleischfasern auch nach vollendeter Abwickelung sich weiter contrahiren, so würde die Rotationsbewegung nicht fortbestehen können, das Auge würde eine Zerrung erleiden, und folglich würde auch der Drehpunkt aus seiner Lage gerissen werden, welche erwiesener Maassen eine constante ist.

Unter diesen Umständen ist es nicht uninteressant, die Länge der aufgewickelten Partie des Muskels mit seiner ganzen Länge zu vergleichen, indem das Verhältniss der ersteren zu der letzteren der Grösse seiner Contractilität entspricht.

Eine approximative Berechnung dieses Verhältnisses hat keine Schwierigkeit, wenn man das Auge als eine Kugel von bekanntem Halbmesser betrachtet, und annimmt, dass der Drehpunkt im Centrum der Kugel selbst liege.



Sei in beistehender Figur A der Ansatz des Muskels, U dessen Ursprung, also $A\,T\,U$ die ganze Länge des Muskels, und $A\,T$ die Länge seiner aufgewickelten Strecke.

$$C\,U = l$$
$$C\,T = A\,C = r$$

Die Coordinaten von $A = x, y, z$;
Die Coordinaten von $U = x_{,}, y_{,}, z_{,}$;
C der Mittelpunkt der Kugel, als Anfangspunkt des Coordinatensystems genommen.
Die Neigungswinkel der Linie $A\,C$ gegen die drei Coordinatenaxen $= \alpha, \beta, \gamma$;
Die Neigungswinkel der Linie $U\,C$ gegen die Coordinatenaxen $= \alpha_{,}, \beta_{,}, \gamma_{,}$;
Gesucht wird $U\,T$, also die Länge derjenigen Strecke des Muskels, welche am Bulbus nicht anliegt.

$$U\,C = \sqrt{x_,^2 + y_,^2 + z_,^2} = l$$
$$\vee\, U\,C\,T = v$$

Dann ist $\cos v = \frac{l}{r}$ und $U\,T = l \sin v$.

Gesucht wird ferner $A\,T$, d. h. die Länge der aufgewickelten Strecke des Muskels.

Es ist: wenn $\vee\, A\,C\,T = \varphi$

$\cos A\,C\,U = \cos(\varphi + v) \cos\alpha \,.\, \cos\alpha_, + \cos\beta \,.\, \cos\beta_, + \cos\gamma_, \cos\gamma_,$

$$= \frac{xx_, + yy_, + zz_,}{rl}$$

$$\text{und } A\,T = r \text{ arc } \varphi$$
$$= r\,\varphi \frac{\pi}{180}$$

die Länge des Muskels in der Normalstellung des Auges ist also $U\,T + A\,T$. Wir können diese Länge mit der durch directe Messung gefundenen vergleichen, wobei indess zu bemerken, dass letztere mit Ausschluss der Muskelsehnen bestimmt wurde. Der Unterschied der gefundenen und berechneten Werthe würde demnach der Länge der Sehne entsprechen.

In nachstehender Tabelle bezeichnet λ die Länge der aufgewickelten Strecke des Muskels, welche nach frühern Erörterungen zugleich das Maass seiner grössten Verkürzung ist. $\varDelta$ ist die berechnete Länge des ganzen Muskels im Zustande der Ruhe, L dieselbe Länge, nach Aussage der Messung und $\frac{\lambda}{L}$ das Verhältniss der Verkürzung zur natürlichen Länge des Muskels, mit einem Worte die Contractilität.

Muskeln	λ	$\varDelta$	L	$\frac{\lambda}{L}$
rectus superior	8,92 Mm	43,72 Mm	41,8 Mm	0,21
rectus inferior	9,88 »	44,50 »	40,0 »	0,24
rectus externus	13,25 »	48,86 »	40,6 »	0,32
rectus internus	6,33 »	39,82 »	40,8 »	0,15
obliquus superior	5,23 »	— »	32,2 »	0,16
obliquus inferior	16,74 »	34,43 »	34,5 »	0,48

Der Werth $\varDelta$ für den *m. obliquus superior* ist absichtlich nicht mit aufgenommen, weil er sich nur auf die Sehne des Muskels bezieht.

Durch die Berechnung der Werthe $\Delta - L$, welche, wie bemerkt, den Längen der Muskelsehnen entsprechen, kommen kleine Unwahrscheinlichkeiten zu Tage. Der Unterschied dürfte für den *m. rectus externus* etwas zu gross sein; für den *rectus internus* ist er unzweifelhaft zu klein. Ich vermuthe dass die kleinen Fehler mehr die Messungen der Muskellänge, als die Bestimmungen der Ordinaten treffen, einerseits weil jene Messungen, wegen der unbestimmten Grenze zwischen Muskelfleisch und Sehne, keine grosse Genauigkeit erlauben, andrerseits weil sie nur auf 12, die Bestimmungen der Ordinaten dagegen auf 30 Beobachtungen fussen.

Von grossem Interesse scheint mir die letzte Columne der Tabelle, welche auf ein sehr geringes Contractionsvermögen der Augenmuskeln hinweist.

Bekanntlich hat *E. Weber* in seiner wichtigen Abhandlung über die Längenverhältnisse der Fleischfasern der Muskeln erwiesen, dass die Skeletmuskeln des Menschen sich im Mittel um 0,5 verkürzen und dass die Verkürzungen nur zwischen 0,44 und 0,60 schwanken.[1] Bei den Augenmuskeln beträgt aber nach meinen Messungen die Verkürzung im Mittel nur etwa 0,25 und scheint sogar im *m. rectus internus* bis auf 0,16 herab zu sinken.

Der gar zu auffallende Unterschied der Ergebnisse könnte Zweifel an der Zuverlässigkeit der Beobachtungen veranlassen, und habe ich daher an Mittel gedacht, die meinigen einer Kontrole zu unterwerfen. In meiner Tabelle ist das Verhältniss $\frac{\lambda}{L}$, wenn man es mit *Weber's* Angaben vergleicht, viel zu klein, es fragt sich also, ob ich $\lambda = \text{arc}\ \varphi$ unterschätzt habe? Ist λ zu klein, so ist auch φ zu klein, und φ ist der Winkel, welcher die Grösse der durch die Augenmuskeln bewirkten Rotationsbewegung angiebt. Ich habe also Versuche über die Maximalwerthe der von den Augen ausführbaren Drehbewegungen angestellt, und habe dieselben mit den berechneten φ-Werthen verglichen.

---

1) Verhandlungen der königl. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften 1851, S. 63.



Auf einer dem Auge gegenüber befindlichen Wand waren vier gerade Linien, eine senkrechte, eine waagerechte und zwei schiefe, unter Winkelabständen von 45° durch einen Punkt gezogen. In den Versuchen, die monocular ausgeführt wurden, kam dieser Punkt in die Verlängerung der normal gerichteten Sehlinie des Beobachters zu liegen. Der Kopf des letzteren war sorgfältig fixirt, so dass der Abstand des Auges von der gegenüber liegenden Wand 400 Mm betrug. Die vier Linien waren mit Theilstrichen von 1 Centim. Distanz versehn, und begannen die Maasszahlen der acht halben Linien mit Null im Fixirpunkte der Normalstellung. In diesem Punkte war eine hochrothe Marke angebracht, welche nach längerer Betrachtung ein grünes Nachbild veranlasste. Dem Beobachter lag es ob zu untersuchen, bis zu welchem Theilstriche er dieses Nachbild excentrisch verlegen könne. Es ist einleuchtend, dass bei derartigen Versuchen die beiden Katheten eines rechtwinklichen Dreiecks gegeben sind, und also die Berechnung des grössten Winkels gestatten, welchen das Auge in acht verschiedenen Blickrichtungen zu beschreiben vermag.

Solche Versuche sind von mir, *R. Heidenhain* und *O. Nasse* sowohl am linken als am rechten Auge ausgeführt worden, und habe ich in nachstehender Tabelle die aus den sechs Versuchen entnommenen Mittelwerthe zusammengestellt.

Blickrichtung	Grösse der Augenbewegung
nach oben	35°
nach unten	50°
nach innen	42°
nach aussen	38°
nach innen und oben	38°
nach innen und unten	44°
nach aussen und oben	38°
nach aussen und unten	46°
im Mittel:	41,5°

Was nun den Winkel φ anlangt, der aus den Coordinaten der Ursprünge und Ansätze der Augenmuskeln resultirt, und welcher den durch seine Kleinheit verdächtigen Werth λ bedingt, so ergiebt die Rechnung folgende Werthe:

Winkel φ als Maass der Augenbewegung.

m. rectus superior	44° 48′
m. rectus externus	60° 48′
m. rectus internus	29° 34′
m. rectus inferior	44° 48′
m. obliquus superior	26° 55′
m. obliquus inferior	78° 48′
im Mittel:	46° 30′

Man sieht hieraus, dass die direct gemessenen Winkelbewegungen der Augen mit den berechneten ganz leidlich übereinstimmen. Die Mittelwerthe der berechneten Winkel sind sogar ein wenig grösser, als die unmittelbar gefundenen, und würde demnach der von mir aufgestellte Werth λ, und also auch das Verhältniss $\frac{\lambda}{L}$ eher zu gross als zu klein scheinen.

Da nun meine Angaben hinreichend gesichert sind, drängt sich die Frage auf, worin die enormen Unterschiede der Contractilität, die *Weber* und ich gefunden, ihren Grund haben. Erst durch ein Gespräch mit meinem verehrten Freunde *Ludwig* ist mir klar geworden, dass die Contractilität bei *Weber* und bei mir verschiedene Dinge sind. Bei mir bedeutet Contractilität das Verhältniss der Verkürzung eines Muskels zu seiner natürlichen, an den Zustand der Ruhe gebundenen, Länge. Als ruhend betrachte ich aber die Augenmuskeln, wenn die Sehlinien die Richtung geradeaus, auf ein unendlich Entferntes haben. Es ist klar dass die Länge, welche ein Augenmuskel im Zustande der Ruhe hat, nicht die grösste Länge ist, die er innerhalb der Grenzen physiologischer Verhältnisse haben kann, denn es braucht sich nur sein Antagonist zu contrahiren, so wird er durch Expansion länger. Hieraus folgt weiter, dass Contractilität in meinem Sinn durchaus nicht das Verhältniss der grössten Verkürzung des Muskels zu seiner grösst-möglichen Länge ist. Bei *Weber* dagegen handelt es sich um dieses Verhältniss. Er misst beispielsweise die Fasern des *m. brachialis* und *supinator longus* das eine Mal während der grössten Streckung, das andre Mal bei der grössten Beugung des Armes, und betrachtet den Unterschied beider Längen als das Maass der Verkürzung aus welcher er die Contractilität des Muskels ableitet.

Offenbar ist die während der Streckung gemessene Muskellänge, ich will sie mit L' bezeichnen, grösser als mein L, welches sich auf die Länge eines ruhenden und nicht durch die Wirkung seines Antagonisten expandirten Muskels bezieht. Bezeichnen wir die Länge des thätigen Muskels mit l, so ist $L' - l = \lambda' > L - l = \lambda$ und $\frac{\lambda'}{L'} > \frac{l}{L.}$

Dies ergiebt sich wenn man $L' = xL$ setzt, wo also x grösser als 1. Man gewinnt durch Substitution:

$$\frac{xL - l}{xL} = xL^2 - lL$$

$$\frac{L - l}{L} = \frac{xL^2 - xlL.}{}$$

nach Subtraction: $lL\,(1 - x)$

Hieraus erklärt sich die so auffällige Differenz zwischen *Weber's* Schätzungen der Muskelcontractilität und meinen Erfahrungen vielleicht vollständig.

Zusammenwirken mehrerer Muskeln.

Rüte hat aus Versuchen mit seinem neuen Ophthalmotrop geschlossen, dass bei jeder Blickrichtung die Gesammtheit der Augenmuskeln in's Spiel komme. Wenn auch Versuche mit einem Apparate, dessen Construction auf ziemlich fehlerhaften Voraussetzungen über die Ursprünge und Ansätze der Augenmuskeln beruht, an sich wenig Vertrauen einflössen, so hat *Rüte's* Vorstellung doch sehr viel für sich.

Da das Auge um einen festen Punkt rotirt, so müssen bei jeder Bewegung des Augapfels sämmtliche Punkte seiner Oberfläche (die beiden Pole der Drehaxe ausgenommen) ihren Ort verändern. Die Muskelenden, welche sich an die Sclera ansetzen, müssen diese Bewegung theilen, während die Muskelursprünge immobile Punkte sind. Hieraus ergiebt sich, dass bei jeder Bewegung des Auges der Abstand der Muskelansätze von den Muskelursprüngen entweder wächst, oder abnimmt, es müsste denn der Ansatz eines Muskels in die Pole der Drehaxe selbst fallen, ein Fall welcher nicht vorkommt.

Selbstverständlich verändern sich mit dem gegenseitigen Abstande der beiden Muskelenden auch die Muskelspannungen, und so kommen wir schliesslich zu dem Satze: eine Bewegung

des Augapfels ist ohne eine Veränderung der Spannungsverhältnisse sämmtlicher Augenmuskeln nicht ausführbar.

Da ein motorischer Reiz, ohne welchen das Auge seine Ruhelage nie verlassen würde, die Muskelfasern nothwendig verkürzt, so kann man die Muskeln, welche sich verkürzen, zwar als die nächsten Ursachen der Augenbewegung betrachten, nur muss man dabei festhalten, dass die Spannungen expandirter Muskeln Widerstände setzen, welche nicht etwa blos die Kraft der contractilen Bewegung beschränken, sondern auch die Richtung der resultirenden Bewegung beeinflussen.

Es würde eine überaus schwierige und bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft geradezu unlösbare Aufgabe sein, exact nach zu weisen, wie eine bestimmte Bewegung des Auges als Resultante aus 6 Componenten hervorgehe, aber nicht überflüssig scheint es zu überlegen, wie 2 auf entgegengesetzten Seiten des Augapfels gelegene Muskeln sich gegenseitig bedingen.

Muskeln von der eben erwähnten Lage, wie also beispielsweise der obere und der untere gerade Augenmuskel, kommen mit den Antagonisten eines Gewerbgelenkes darin überein, dass die Contraction des einen nicht ohne eine Expansion des andern zu Stande kommen kann. Mit Rücksicht hierauf kann man auch von Antagonisten am Auge sprechen. Aber freilich haben die an einem Gewerbgelenke angebrachten Antagonisten eine durch die Gestalt der Gelenkflächen bedingte, für beide Muskeln identische Drehaxe, also eine Drehaxe, welche für beide sich gegenüber liegende Muskeln unter allen Umtsänden dieselbe Ebene der Bewegung fordert. Die Antagonisten am Auge sind anders angelegt. Wir haben oben nachgewiesen, dass dieselben nicht identische, sondern verschiedene in einer gewissen Richtung sich kreuzende Drehaxen haben, wie denn beispielsweise die Drehaxe des *m. rectus superior* von vorn, innen und u n t e n nach hinten, aussen und oben, die des *m. rectus inferior* von vorn, innen und o b e n nach hinten, aussen und unten gerichtet ist.

Untersuchen wir die Consequenzen dieser Einrichtung, so ergiebt sich Folgendes: Durch die Contraction des einen Muskels wird der andre expandirt, und während die contractile Zugkraft eine Drehung um die Axe a bedingt, fordert die expansive Zugkraft eine Drehung um die Axe b. Aber selbstverständlich kann die wirkliche Drehung nicht gleichzeitig um zwe

Axen erfolgen. Sie erfolgt weder um a noch um b, sondern um eine dritte Axe c, welche zwischen a und b liegt.

Der Antagonismus der Augenmuskeln beruht also nicht darauf, dass sie von vorn herein ein und dieselbe Drehaxe haben, sondern darauf, dass durch das Widerspiel von Contraction und Expansion aus zwei sich kreuzenden Drehaxen eine gemeinschaftliche hergestellt wird. Hieraus folgt weiter, dass die Muskelebene zweier Antagonisten, d. h. die Ebene, in welcher die combinirten Kräfte derselben das Auge rotiren, ihre Lage im Raume sofort ändern müsse, wenn die Wirksamkeit des einen Muskels in Wegfall kommt.

Durch die Correctur, welche die contractiven Bewegungen von Seiten der expansiven Spannungen erfahren, werden die Augenbewegungen im concreten Falle erst das was sie sein sollen, und ist daher von vorn herein zu erwarten, dass diese Correcturen in der Blickrichtung eine grosse Rolle spielen. Beispielsweise wäre ohne das Zusammenwirken der Antagonisten die Ueberführung einer positiven Bewegung in eine negative nicht möglich, wie aus dem Umstande dass die Drehaxen sämmtlicher Augenmuskeln sich kreuzen, ohne Weiteres hervorgeht.

Aber wie wichtig die so eben besprochenen Correcturen auch sein mögen, so sind sie doch zur Regulirung der Augenbewegungen nicht ausreichend. Wenn man aus der Richtung der Drehaxen zweier sich gegenüber liegenden Augenmuskeln das arithmetische Mittel und hiermit annäherungsweise die Resultante berechnet, so findet sich dass letztere zur Sehlinie nicht normal steht. Um noch einmal den obern und den unteren geraden Augenmuskel als Beispiel zu benutzen, so sind die Drehaxen beider von vorn und innen nach hinten und aussen gerichtet. Die aus beiden Resultirende hat also dieselbe Richtung und bildet mit der Sehlinie nach hinten und aussen einen spitzen Winkel von ungefähr 66°. Würden wir beim Sehen in die unendliche Ferne die Augen erheben, so würde eine derartige Lage der Drehaxen eine auffällige Convergenz der Sehlinien bedingen. Im Allgemeinen aber würden Drehaxen, welche anormal zur Sehlinie stehen, bewirken, dass letztere um die Drehaxe einen Kegelmantel beschriebe. Da dies, beim normalen Sehen wenigstens, nicht vorkommt, so sind die im Vorstehenden besprochenen antagonistischen Correcturen zur Re-

gulirung der Augenbewegung eben nicht ausreichend, und kommt man also auf diesem Wege noch einmal zu dem Schlusse, dass bei den Bewegungen des Auges ein gleichzeitiges Zusammenwirken aller Muskeln stattfinde.

Zur Beurtheilung des Listingschen Gesetzes.

An die im Vorhergehenden besprochenen Verhältnisse reiht sich die für die Mechanik der Augenmuskeln sehr wichtige Frage, ob aus dem Zusammenwirken derselben Drehaxen hervorgehn können, die dem *Listing*'schen Gesetze entsprechen.

Nach *Listing* dreht sich das Auge, wenn es aus der Primärstellung in eine Secundarstellung übergeht, um eine Axe, welche senkrecht zur Sehlinie steht, so dass jede Drehung der Sehlinie um sich selbst, oder das was *Hueck* Achsendrehung nannte, in Wegfall kommt. Da nun die Sehlinie mit derjenigen Coordinatenaxe, die ich mit y bezeichne, zusammenfällt, so kann dem *Listing*'schen Gesetze nur genügt werden, wenn die Wirkungen solcher Muskeln, welche den Augapfel um die y-Axe zu rotiren streben, durch die Wirkung andrer Muskeln aufgehoben werden. Ich will untersuchen, ob die anatomischen Anordnungen die Erfüllung dieser Aufgabe in Aussicht stellen.

Die Drehaxen der schiefen Augenmuskeln sind von vorn und aussen nach innen und hinten gerichtet, die Drehaxen des obern und des untern geraden Augenmuskels dagegen von vorn und innen nach hinten und aussen. Hiermit wäre das Resultiren einer Drehaxe, die rechtwinklich auf die Sehlinie stünde, allerdings in Aussicht gestellt. Eine genauere Prüfung der Verhältnisse ergiebt jedoch Folgendes. Die Drehaxe der schiefen Augenmuskeln schneidet die Sehlinie unter einem nach vorn und aussen liegenden spitzen Winkel von 36,5°, die Drehaxe des obern und des untern geraden Augenmuskels unter einem nach hinten und aussen gerichteten Winkel von 66°. Hiernach berechnet sich der Winkel, welchen die Muskelebene der schiefen Augenmuskeln mit der Sehlinie macht, auf 53,5°, dagegen der Winkel der Muskelebene des obern und des untern geraden Augenmuskels mit der Sehlinie nur auf 24°. Es ist also letztere viel zu klein, um die von den schiefen Augenmuskeln bewirkte Axendrehung aufheben zu können. Nun bleiben zwar noch zwei Muskeln übrig, der äussre und der innere gerade Augen-

muskel, indess sind diese nicht in der Lage das Verhältniss merklich zu bessern. Die aus ihrem Zusammenwirken resultirende Drehaxe steht nahezu senkrecht zur Sehlinie, während wir zur Correctur einer Schiefen eine ebenfalls Schiefe brauchen, welche mit der Sehlinie Winkel von gleicher Grösse, aber von entgegengesetzter Lage bildet, als die zu verbessernde Axe.

Indess ist die Bewegung des Auges nicht allein von der Richtung sondern auch von der Grösse der in's Spiel kommenden Zugkräfte abhängig, und können daher Missstände im Bewegungsvorgange, welche aus der ungünstigen Lage der Drehaxe entspringen müssten, durch eine geeignete Vertheilung der Zugkräfte vermieden werden. Auf derartige Correcturen ist bei der Anlage des Sehorgans Rücksicht genommen. Der obere und der untere gerade Augenmuskel befinden sich den schiefen Augenmuskeln gegenüber, was die Richtung der Drehaxe anlangt, im Nachtheile, aber, wie meine Wägungen zeigen, hinsichtlich der Kräfte im Vortheile. Sie sind auffallend schwerer als die schiefen Augenmuskeln und also auch entsprechend kräftiger, denn da die bewegenden Kräfte der Muskeln wie ihre Längen und Querschnitte wachsen, so werden sie auch wie ihre Gewichte wachsen, und müssen diesen *caeteris paribus* proportional sein.

Wenn zwei Muskeln, respective Muskelgruppen, mit einem Theile ihrer Kraft auf eine Axendrehung des Auges hinarbeiten, und wenn bei dem verschiedenen Sinne, in dem sie dies thun, fraglich ist, ob irgend welche Axendrehung zu Stande komme, so wird man zweierlei zu untersuchen haben: 1) wie gross ist die Kraft eines jeden Muskels an und für sich, und 2) der wievielste Theil der Kraft eines jeden wird auf die Axendrehung verwendet werden? Anlangend die Kräfte der Muskeln so sind sie, wie oben bemerkt, ihren Gewichten proportional, anlangend die Betheiligung dieser Kräfte an der Raddrehung so ist sie proportional dem Sinus des Winkels, welchen die Muskelebene, in welcher die Rotationsbewegung des Auges erfolgt, mit der Sehlinie einschliesst.

Nur wenn die Drehungsmomente der sich entgegenarbeitenden Muskeln gleich sind, kann die Axendrehung aufgehoben werden, und das Drehungsmoment ist ein Product der bewegenden Kraft mit dem erwähnten Sinus des Winkels. Bezeich-

nen wir die Werthe der in's Spiel kommenden Kräfte mit $k\ k'$ und die zugehörigen Werthe der Sinusse mit $s\ s'$, so wird Gleichheit der Drehungsmomente eintreten, wenn die Kräfte umgekehrt wie die Sinusse wachsen, also

$$s : s' = k' : k \quad (I)$$

und folglich

$$s \,.\, k = s' \,.\, k' \quad (II)$$

Soll nun gerechnet werden, so ist in Erinnerung zu bringen, dass der Winkel, welchen die Muskelebene mit der Sehlinie einschliesst, für die schiefen Augenmuskeln 53,5°, für den obern und den untern dagegen 24° beträgt, so dass für jene $s = 0{,}802$, für diese $s' = 0{,}407$. Weiter wogen die schiefen Augenmuskeln im Mittel 0,29 Gramm, die obern und untern dagegen im Mittel 0,59 Gramm, und verhält sich demnach die Kraft der ersteren zur Kraft der letzteren oder $k : k' = 0{,}29 : 0{,}59$.

Werden diese Zahlen in die Gleichung (II) eingeführt, so erhält man:

$$0{,}802 \,.\, 0{,}29 = 0{,}407 \,.\, 0{,}59$$

also

$$0{,}233 = 0{,}240$$

Obschon das Resultat der Rechnung der Gleichung nicht vollkommen Genüge leistet, so ist es doch der *Listing*'schen Lehre überaus günstig. Wenn die Muskelkräfte, welche sich nach meinen Untersuchungen wie 0,29 : 0,59 verhalten, sich wie 0,294 : 0,583 verhielten, so wäre Gleichung (II) befriedigt, und so kleine Differenzen zwischen den gefundenen und theoretisch verlangten Proportionen können, der Sachlage nach, nicht im Mindesten befremden.

Ich glaube also nachgewiesen zu haben, dass das *Listing*'sche Gesetz mit der Mechanik der Augenmuskeln allerdings vereinbar ist, und dass die Realisirung desselben davon abhängt, dass gewisse ungünstige Verhältnisse in der Lage der Drehaxen durch eine geeignete Vertheilung der Muskelkräfte compensirt werden. Bemerkenswerth ist jeden Falls, dass die Annahme eines functionellen Verhältnisses zwischen der anatomischen Lage und der Arbeitskraft der Augenmuskeln, zu Gunsten einer atropen Sehlinie, uns die von vorn herein höchst auffälligen und einigermaassen verdächtigen Differenzen der Muskelgewichte verständlich macht.

F. Zöllner. *Ueber ein neues Spectroskop nebst Beiträgen zur Spectralanalyse der Gestirne.* Vorgelegt von *W. Hankel.*

Die Spectralanalyse der Gestirne beginnt in neuester Zeit, abgesehen von ihren Aufschlüssen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper in steigendem Masse die Aufmerksamkeit nach einer andern, nicht minder interessanten Richtung hin in Anspruch zu nehmen. Es eröffnet sich nämlich die Aussicht mit Hülfe jener Methode den Einfluss nachzuweisen, günstigen Falls sogar zu messen, welchen die in die Verbindungslinie der Erde und des beobachteten Gestirnes fallende Componente der relativen Bewegung beider Himmelskörper auf die Lage der Linien des betreffenden Spectrums ausübt.

Eine einfache Betrachtung zeigt, dass Wirkungen, welche zwei getrennte Körper durch periodische Impulse von endlicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf einander ausüben, durch eine stetige Aenderung des Abstandes beider Körper modificirt werden müssen. Es ist das Verdienst *Doppler's* zuerst im Jahre 1841 die Nothwendigkeit dieses Einflusses erkannt zu haben, [1]) obschon die Folgerungen, welche derselbe hieraus bezüglich der Farbe der Sterne ableitete wegen Nichtberücksichtigung der unsichtbaren Theile des Spectrums als unrichtig bezeichnet werden müssen.

Für den Schall ist der erwähnte Einfluss durch zahlreiche Versuche von *Ballot*, *Mach* u. A. als mit den Forderungen der Theorie übereinstimmend nachgewiesen worden.

Für das Licht ist es dagegen bis jetzt noch nicht möglich gewesen, sicher nachweisbare Grössen jenes Einflusses durch Beobachtungen zu constatiren, weil selbst die kosmischen Be-

1) *Doppler*, »Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels.«
Abhandlungen der Böhm. Ges. d. W. Bd. II. (1841—1842.) p. 465—482.

wegungen, welche uns als die grössten für diesen Zweck zur Verfügung stehen, im Vergleich zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes noch sehr kleine Grössen sind.

Die grosse Vervollkommnung jedoch, welche seit Entdeckung der Spectralanalyse die optischen Hülfsmittel zur Beobachtung des Spectrums erfahren haben, eröffnen dennoch die Aussicht, jenen Einfluss an den Spectren der Gestirne nachzuweisen. Derselbe müsste sich der Theorie zufolge in einer kleinen Verschiebung der Spectrallinien äussern, deren Quantität beispielsweise für die mittlere Geschwindigkeit der Erde von 4 deutschen Meilen in der Secunde den 10ten Theil des Abstandes der beiden Natronlinien betragen würde. Diese Grösse, welche sich in sehr einfacher Weise aus der Geschwindigkeit des Lichtes und der Undulationsdauer der den Natronlinien entsprechenden Strahlen ergiebt, ist erst ganz kürzlich wieder von *J. C. Maxwell* in Uebereinstimmung mit früheren Berechnungen von *F. Eisenlohr*[1]) u. A. abgeleitet worden.

Die zu beobachtende Grösse der Verschiebung erscheint jedoch *Maxwell* so klein, dass er seine hierauf bezüglichen Betrachtungen mit Rücksicht auf die bisher construirten Spectroskope und die Methode zur Positionbestimmung der Linien mit der Bemerkung schliesst: »it cannot be determined by spectroscopic observations with our present instruments, and it need not be considered in the discussion of our observations.«[2])

Nichtsdestoweniger hat *Huggins* in seiner neuesten Abhandlung,[3]) als deren integrirender Theil die oben erwähnten Untersuchungen *Maxwell's* abgedruckt sind, die Lösung des gedachten Problems durch Anwendung eines Spectroskops mit nicht weniger als 5 Prismen, von denen zwei *Amici*'sche mit 2 Flintglas- und 3 Crownglasprismen sind, versucht.

Die durch eine so grosse Anzahl von Prismen bedingte Lichtschwächung gestattete jedoch nur die Beobachtung der hellsten Sterne. *Huggins* beschränkt sich sogar nur auf die Mittheilung seiner Resultate aus Beobachtungen am Sirius und glaubte hier eine geringe Verschiebung der Linie *F* im Vergleich mit der durch eine *Geissler*'sche Röhre erzeugten hellen Wasser-

1) Heidelberger Verh. d. phys. med. Ges. Bd. 8. p. 190.
2) Philos. Trans. 1868. p. 532.
3) Ibid. p. 535.

stofflinie gefunden zu haben. Die Richtung und Grösse der Verschiebung würden auf eine Zunahme der Entfernung zwischen Erde und Sirius deuten, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 41.4 engl. Meilen in der Secunde.

Eliminirt man die Componente der Erdbewegung, die zur Zeit der Beobachtung 12 engl. Meilen betrug, so würde sich für die Geschwindigkeit, mit welcher sich Sonne und Sirius von einander entfernen, die Grösse von 29.4 englischen oder ungefähr 6.5 deutschen Meilen ergeben.

Huggins betrachtet dies Resultat selber als ein noch mit grosser Unsicherheit behaftetes, eine Unsicherheit, welche theils durch die bereits erwähnte starke Lichtschwächung durch zahlreiche Prismen, theils durch die Schwierigkeit bedingt ist, die Coïncidenzen der hellen Linien irdischer Lichtquellen mit den analogen dunklen der Sternspectra zu vergleichen. Letztere haben zuweilen auch ein anderes Ansehen, sind z. B. am Rande verwaschen und von verschiedener Breite, wie dies gerade bei der Linie *F* im Siriusspectrum der Fall ist. —

Die wesentlichsten dieser Schwierigkeiten, welche sich bisher einer definitiven Lösung des fraglichen Problems entgegenstellten, glaube ich mit Erfolg durch eine neue Construction des Spectroskops überwunden zu haben, von der ich das erste Exemplar der Königlichen Gesellschaft hier vorzulegen die Ehre habe.

Die Einrichtung ist im Wesentlichen folgende. Die durch einen Spalt oder eine Cylinderlinse erzeugte Lichtlinie befindet sich im Brennpuncte einer Linse, welche, wie bei allen Spectroskopen, die zu zerstreuenden Strahlen zunächst parallel macht. Alsdann passiren die Strahlen zwei *Amici*'sche Prismensysteme *à vision directe*, welche ich in vorzüglicher Güte aus der optischen Werkstätte des Herrn *Merz* in München erhalten habe.

Dieselben sind dergestalt nebeneinander befestigt, dass jedes die eine Hälfte der aus dem Collimatorobjectiv tretenden Strahlenmasse hindurchlässt, jedoch so, dass die brechenden Kanten auf entgegengesetzten Seiten liegen und hierdurch die gesammte Strahlenmasse in zwei Spectra von entgegengesetzter Richtung zerlegt wird. Das Objectiv des Beobachtungsfernrohres, welches die Strahlen wieder zu einem Bilde vereinigt, ist senkrecht zu den horizontal gelegenen brechenden Kanten der Prismen, wie beim Heliometer, zerschnitten und jede der

beiden Hälften lässt sich sowohl parallel der Schnittlinie als auch senkrecht zu derselben mikrometrisch bewegen. Hierdurch ist man im Stande sowohl die Linien des einen Spectrums successive mit denen des andern zur Coïncidenz zu bringen, als auch die beiden Spectra, anstatt sie zu superponiren, unmittelbar nebeneinander zu lagern, (so dass sich das eine wie ein Nonius neben dem andern verschiebt,) oder nur partiell zu superponiren. — Durch diese Construction ist nicht allein das empfindliche Princip der doppelten Bilder zur Bestimmung irgend welcher Lagenveränderung der Spectrallinien verwerthet, sondern jede solche Veränderung ist auch verdoppelt, indem sich der Einfluss derselben bei beiden Spectren im entgegengesetzten Sinne äussert.

Das Princip der Reversion der Spectra, welches dem beschriebenen Instrumente zu Grunde liegt, weshalb ich mir für dasselbe den Namen

„Reversionsspectroskop"

vorzuschlagen erlaube, lässt sich auch ohne Benutzung *Amici*'scher Prismensysteme zur Anwendung bringen. Man braucht nur den einen Theil der aus einem gewöhnlichen Prisma tretenden Strahlenmasse durch Reflexion mit Spiegel oder Prisma umzukehren und dann die gesammte Strahlenmasse ganz wie oben durch ein mit zerschnittenem Objective versehenes Fernrohr zu beobachten. Das Princip macht ferner die gleichzeitige Einführung künstlicher Lichtquellen zur Untersuchung geringer Aenderungen der Brechbarkeit vollkommen entbehrlich und gestattet die Wahrnehmung und Messung jener Aenderungen durch die Lagenveränderung vollkommen gleichartiger Objecte.

Die Messungsreihen, welche sowohl an den dunklen *D* Linien des Sonnenspectrums als auch an den hellen Natronlinien einer mit Kochsalz imprägnirten Kerzenflamme ausgeführt wurden, und die ich mir zur Beurtheilung der Leistungsfähigkeit des Instrumentes hier beizufügen erlaube, berechtigen zu der Hoffnung, dass es mit Hülfe dieses Spectroskopes gelingen wird, den Einfluss der Erdbewegung nicht allein wahrzunehmen sondern auch quantitativ mit solcher Genauigkeit zu bestimmen, als zu einer vorläufigen Controle der theoretischen Folgerungen wünschenswerth erscheint.

Die angeführten Zahlen bedeuten Theile der Mikrometerschraube und beziehen sich auf den Abstand der beiden Natronlinien:

Natronflamme	Sonne
49.5	49.5
50.5	51.5
53.0	48.1
49.5	48.9
Mittel: 50.6 ± 0.6	Mittel: 49.6 ± 0.5

Bei der folgenden Beobachtungsreihe hatte das Reversionsspectroskop sowohl eine andere Mikrometerschraube, mit etwas gröberem Gewinde, als auch zwei andere Prismensysteme erhalten, deren Dispersion in der Gegend der Natronlinie 1.77mal grösser ist als diejenige der zu den obigen Messungen benutzten Systeme. Ebenso waren hierbei die früher achromatischen Objective des Collimators und des Beobachtungsrohres durch unachromatische ersetzt, wodurch nicht nur nichts an Schärfe der Bilder verloren ging sondern, wie beabsichtigt, durch Vermehrung der Lichtstärke an Klarheit und Deutlichkeit gewonnen wurde.

Sonne

Theile d. Schraube	Abw. v. Mittel
67.1	− 0.8
69.4	+ 1.5
68.4	+ 0.5
67.9	0.0
66.6	− 1.3
66.1	− 1.8
68.2	+ 0.3
68.0	+ 0.1
69.6	+ 1.7
Mittel: 67.9 ± 0.3	

Es wäre hiernach der Abstand der beiden *D* Linien mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\frac{1}{226}$ dieser Grösse genau bestimmt. Nach dem oben Mitgetheilten wird aber durch eine Veränderung des Abstandes zwischen Lichtquelle und Spectroskop mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen in der Secunde eine gegenseitige Verschiebung der Linien beider Spectra im Betrage von $\frac{1}{4}$ jenes Abstandes bewirkt, eine Grösse, die also

etwa 40mal grösser als der oben für das Mittel aus 9 Ablesungen gefundene wahrscheinliche Fehler ist.

Lässt sich daher bei Beobachtung der Spectra der Sterne eine hinreichende Lichtmenge anwenden, so wird sich auf dem angegebenen Wege definitiv entscheiden lassen, ob die erwartete Verschiebung der Spectrallinien eintritt oder nicht. In Bezug auf die erforderliche Lichtstärke erlaube ich mir zu bemerken, dass mir für diese Beobachtungen eine nichtachromatische Linse[1]) von 1 Par. Fuss Durchmesser und 6 Fuss Brennweite zur Verfügung steht, deren Strahlenkegel einige Zoll vor seinem Vereinigungspunct durch einen passenden Concav-Meniscus von Flintglas aufgefangen und so von sphärischer und chromatischer Abweichung möglichst befreit auf den Spalt des Spectroskops geleitet wird. Ich glaube hier besonders darauf hinweisen zu müssen, dass bei Anwendung eines Spaltes die Achromasie des optischen Bildes für die Beobachtung seines Spectrums, namentlich einzelner Theile desselben, unwesentlich ist und daher die hier angedeutete Construction vor derjenigen mit lichtstarken Achromaten den Vorzug bedeutend grösserer Wohlfeilheit beanspruchen dürfte. Selbstverständlich wird man in denjenigen Fällen auf diesen Vortheil verzichten müssen, wo es sich, wie z. B. bei Doppelsternen, um möglichst scharfe Trennung der zu untersuchenden Objecte handelt. —

Es mag mir schliesslich noch gestattet sein einige Bemerkungen über Probleme und Methoden mitzutheilen, welche sich auf Spectralbeobachtungen an der Sonne beziehen und mich gegenwärtig beschäftigen.

Die Sonne besitzt eine Rotationsgeschwindigkeit vermöge deren sich ein Punct ihres Aequators mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 0.25 deutschen Meilen bewegt. Erzeugt man daher mit Hülfe eines Heliometers oder auf anderem Wege ein Doppelbild von der Sonne und bringt durch passende Stellung zwei Puncte der Aequatorialränder zur Berührung, so grenzen an der Berührungsstelle Theile der Sonnenoberfläche an einander, von denen sich die einen mit einer Geschwindigkeit von der angegebenen Grösse uns nähern, die andern mit derselben Geschwindigkeit sich von uns entfernen. Hierdurch entsteht eine Ge-

---

1) In der optischen Werkstätte von Herrn H. Schröder in Hamburg angefertigt.



schwindigkeitsdifferenz der sich berührenden Theile in der Richtung der Gesichtlinie von etwa einer halben deutschen Meile. Dem Obigen zufolge würde eine solche Bewegungsgrösse eine Lagenveränderung der Natronlinie bewirken, welche dem 80sten Theile ihres Abstandes entspräche. Gelingt es daher durch Combination einer genügenden Anzahl von Prismen eine solche Grösse wahrzunehmen resp. zu messen, so braucht man nur die Mitte des Spaltes in die Vorbildungslinie der beiden Mittelpuncte der sich tangirenden Sonnenbilder zu bringen, um alsdann die beiden Spectra der sich berührenden Sonnenränder im Gesichtsfelde des Spectroskopes dicht nebeneinander zu sehen und so unter den günstigsten Verhältnissen die fragliche Verschiebung zu beobachten. Auf diese Weise liesse sich dann die Lage des Sonnenäquators und, im Fall der Ausführbarkeit von Messungen, die Rotationsgeschwindigkeit in verschiedenen heliographischen Breiten bestimmen, was mit Rücksicht auf die in neuester Zeit über diesen Punct ausgesprochenen Ansichten von grösstem Interesse sein würde.

Aber auch abgesehen von einer quantitativen Bestimmung des fraglichen Phänomens würde durch einen selbst nur qualitativen Nachweis desselben ein einfaches Mittel gefunden sein, sämmtliche Linien, welche durch Absorption in der Erdatmosphäre im Sonnenspectrum entstanden sind, von denjenigen zu trennen, welche der Sonnenatmosphäre ihren Ursprung verdanken, indem sich die gedachte Verschiebung offenbar nur auf die letzteren erstrecken kann. —

Ein anderer Gegenstand der spectralanalytischen Untersuchung des Sonnenkörpers sind die Protuberanzen. Bekanntlich ist es zuerst *Lockyer* und *Janssen* gelungen, das Spectrum dieser Gebilde, welches in drei hellen Linien besteht, unabhängig von einer totalen Sonnenfinsterniss zu beobachten.

Gegenwärtig ist man von verschiedenen Seiten her auf's Eifrigste bemüht, Methoden ausfindig zu machen, welche es gestatten, nicht nur jene Linien sondern auch die ganze Gestalt der Protuberanzen gleichzeitig zu beobachten.

Die Länge der hellen Linien entspricht der Grösse der in die Richtung des Spaltes fallenden Dimension der betreffenden Protuberanz. Bringt man daher den Spalt successive in verschiedene Richtungen, so dass er die Protuberanz in ebenso

vielen Lagen schneidet, so ist man im Stande die Form des beobachteten Gebildes zu construiren, wie dies bereits *Lockyer* gethan hat. Hierauf gestützt schlägt *Janssen* die Construction eines rotirenden Spectroskopes vor, um so bei hinreichender Schnelligkeit der Rotation mittelst der Dauer des Lichteindruckes die Gestalt der ganzen Protuberanz mit einem Male zu überblicken.

Abgesehen von den mechanischen Schwierigkeiten eines solchen rotirenden Spectroskopes, bei welchem die eine der drei hellen Protuberanzlinien genau in der Rotationsaxe liegen müsste, liesse sich der beabsichtigte Zweck einfacher und zugleich vollkommener durch Oscillation des Spaltes senkrecht zu seiner Richtung erreichen. Man würde hierdurch im Stande sein, dieselbe Protuberanz gleichzeitig in drei verschieden gefärbten Bildern zu beobachten, entsprechend den drei verschiedenen Linien ihres Spectrums.

Bei diesen Methoden mit beweglichem Spalt wird jedoch der Helligkeitsunterschied, durch welchen sich die Protuberanz vom Grunde abhebt, nach Massgabe des vom Spalt zurückgelegten Weges, beträchtlich abgeschwächt, namentlich würde bei dem rotirenden Spectroskop die Helligkeit der Protuberanz selber von dem Rotationscentrum aus nach dem Rande hin abgeschwächt und dadurch die Beobachtung der natürlichen Helligkeitsverhältnisse des Gebildes vereitelt werden.

Aus diesem Grunde beabsichtige ich eine andere, sehr einfache Methode zur Erreichung des fraglichen Zieles in Anwendung zu bringen, von deren practischer Ausführbarkeit ich mich bereits durch unten näher zu beschreibende Versuche an irdischen Lichtquellen überzeugt habe. Die Principien auf denen diese Methode beruht sind folgende:

1. Die scheinbare Helligkeit (Glanz, *claritas visa*[1]) eines Protuberanzstreifens ist unabhängig von der Oeffnung des Spaltes, unter der Voraussetzung, dass dieselbe auf der Netzhaut stets eine wahrnehmbare Breite behält.

2. Die Helligkeit des superponirten Spectrums wächst proportional der Spaltbreite.

3. Bei oscillirendem oder rotirendem Spalte bleibt die Helligkeit des superponirten Spectrums unverändert, diejenige

1) Lambert, Photometria etc. §§. 36 u. 37.

des durch die Permanenz des Lichteindruckes entstandenen Protuberanzbildes dagegen nimmt nach einem Gesetze ab, welches von der Zahl und Dauer der in der Zeiteinheit stattfindenden Reizungen der betreffenden Netzhautstelle und von der Brechbarkeit des beobachteten Protuberanzstreifens abhängt.

Nimmt man der Einfachheit halber an, die ganze Fläche, über welche sich der Spalt bei seiner Rotation oder Oscillation bewegte, wäre von der Protuberanz erfüllt, und setzt voraus, die Intensität des entstehenden Nachbildes wäre umgekehrt proportional jener Fläche, (entsprechend einer gleichmässigen Ausbreitung des durch den ruhenden Spalt gehenden Lichtes über jene Fläche,) so würde, unter Annahme der obigen drei Sätze, das Intensitätsverhältniss zwischen Grund und Protuberanz dasselbe bleiben, mag man

> Erstens, durch Oscillation des Spaltes die Helligkeit des Protuberanzgebildes herabsetzen und hierdurch die Helligkeit des superponirten Spectrums oder Grundes (nach 2) unverändert lassen

oder mag man

> Zweitens, den ruhenden Spalt so weit öffnen, dass sich seine Oeffnung gerade über den Raum ausdehnt, über welchen sich im ersten Falle die Oscillation erstreckte. Hierdurch bleibt (nach 1) die scheinbare Helligkeit der Protuberanz unverändert, die des Grundes wird aber in demselben Verhältniss gesteigert wie sie vorher bei constantem Grunde abgeschwächt wurde.

Man würde daher unter den gemachten Voraussetzungen das beabsichtigte Ziel viel einfacher auf dem zweiten Wege erreichen, wenn man stets dafür Sorge trüge, dass, der Blendung wegen, das intensive Licht des eigentlichen Sonnenkörpers nicht in den Spalt dringt.

Der Spalt brauchte dann nur gerade so weit geöffnet zu werden, dass die Protuberanz oder ein Theil derselben in der Oeffnung erschiene. Durch polarisirende oder absorbirende Medien, welche vor das Ocular gesetzt werden, wird für eine zweckmässige Abschwächung des ganzen Gesichtsfeldes gesorgt werden müssen, um das Intensitätsverhältniss zwischen Protuberanz und superponirtem Spectrum für die Empfindung möglichst stark hervortreten zu lassen.

Durch diese Betrachtungen geleitet habe ich versucht, die

Bedingungen, unter denen die Protuberanzen sichtbar sind, mit Hülfe irdischer Lichtquellen zu realisiren, um auf diese Weise beide Methoden zu prüfen und mich von ihrer practischen Anwendbarkeit zu überzeugen. Zum besseren Verständniss der beschriebenen Versuche seien zuerst folgende Bemerkungen vorausgeschickt.

Der Grund, weshalb die Protuberanzen nicht unter gewöhnlichen Verhältnissen bei Abblendung des intensiven Sonnenbildes am Rande desselben sichtbar sind, liegt in den das Bild der Protuberanz überdeckenden, stark beleuchteten Theilchen unserer Atmosphäre. Bei einer totalen Sonnenfinsterniss wird dieses superponirte Licht so beträchtlich abgeschwächt, dass sich alsdann die intensiv leuchtenden Protuberanzen von den beleuchteten Theilen der Korona der verfinsterten Sonne abheben. Von der Grösse der hierzu erforderlichen Abschwächung des diffusen Lichtes unserer Atmosphäre kann man sich ungefähr einen Begriff machen, wenn man die mittlere Beleuchtung der Atmosphäre bei einer totalen Sonnenfinsterniss gleich derjenigen bei mittlerem Vollmonde annimmt. Nach meinen photometrischen Messungen [1]) ist diese Beleuchtung 618000mal schwächer als die durch die Sonne hervorgebrachte; in einem ähnlichen Verhältnisse müsste daher auch die auswählende Absorption gefärbter Medien bezüglich des homogenen Lichtes der Protuberanzen stehen, wollte man, — wie dies gegenwärtig von verschiedenen Seiten versucht wird — auf diesem Wege, ohne Dispersion, die Protuberanzen sichtbar machen.

Dagegen beruht die Möglichkeit, dieses Ziel mit Hülfe des Prisma's durch Zerstreuung des superponirten atmosphärischen Lichtes hervorzubringen wesentlich auf dem Umstande, dass dieses Licht aus Strahlen aller Brechbarkeiten, jenes der Protuberanzen jedoch nur aus drei homogenen Strahlengattungen zusammengesetzt ist.

Die Superposition einer nicht homogenen Lichtmasse über einen mit homogenem Lichte leuchtenden und von scharfen Umrissen begrenzten Körper habe ich nun künstlich in folgender Weise bewirkt.

Der Docht einer Alkoholflamme wurde mit Chlornatrium und Chlorlithium imprägnirt. In einem Abstande von 18 Fuss

1) Photometrische Untersuchungen etc. p. 105 ff. Leipzig 1865.

vor dieser Flamme wurde unter einem Winkel von 45° gegen die Beobachtungsrichtung eine Spiegelglasplatte so aufgestellt, dass das reflectirte Bild einer seitlich befindlichen Petroleumflamme die schwach leuchtende Alkoholflamme bedeckte und durch ihre bedeutend grössere Intensität dieselbe vollkommen unsichtbar machte. Etwa in der Entfernung eines Fusses vor der reflectirenden Glasplatte befand sich eine kleine Linse von 6 Zoll Brennweite, welche ein kleines Bild der Alkoholflamme auf den Spalt des Spectroskops warf. Der letztere war am Ende einer 10 Zoll langen Feder befestigt, durch welche er, aus seiner Gleichgewichtslage entfernt und dann sich selbst überlassen, etwa 5 Minuten hindurch in Oscillationen von hinreichender Amplitude versetzt werden konnte.

Zunächst wurde nun die Breite der Spaltöffnung so weit verringert, dass bei ruhendem Spalt die Doppellinie *D* und, verhältnissmässig schwach, auch die Lithiumlinie scharf begrenzt im Felde erschienen.

Sobald der Spalt in Oscillation versetzt wurde verwandelten sich diese Linien in scharfe Bilder der Alkoholflamme, von denen sich die beiden Natronbilder etwa bis zur Hälfte deckten. Die scheinbare Helligkeit dieser drei Bilder war im Vergleich zu derjenigen der hellen Linien beträchtlich kleiner und in Folge dessen auch ihre Abhebung von dem diffus erleuchteten Spectralgrunde in demselben Verhältniss geringer als die der Linien bei ruhendem Spalt.

Als ich nun die zweite der oben vorgeschlagenen Methoden in Anwendung brachte und den ruhenden Spalt so weit öffnete, dass eben noch das Bildchen der Alkoholflamme von der rechteckigen Spaltöffnung umgrenzt wurde, war ich überrascht durch die bei Weitem grössere Schönheit und Deutlichkeit, mit welcher sich die Flammenbilder von dem diffus erleuchteten Spectralgrunde abhoben.

Es scheint daher die oben bei der theoretischen Erörterung nach einem einfachen Gesetze angenommene Abschwächung der scheinbaren Helligkeit der Protuberanz durch den oscillirenden Spalt, zu Gunsten der zuletzt angewandten Methode, eine beträchtlich stärkere zu sein.

Ich bemerke hierbei, dass zu diesem Versuche nur e i n s der oben erwähnten neueren Prismen von mir angewandt wurde. Es ist aber klar, dass mit zunehmender Dispersion die Ab-

schwächung des superponirten, nicht homogenen Lichtes beliebig gesteigert werden kann.

Der Anwendbarkeit dieser Methode auf die Protuberanzen der Sonne steht, wie man sieht, principiell keine Schwierigkeit im Wege. [1]) Das practische Gelingen ist jedoch, bei dem gegebenen Intensitätsverhältniss des homogenen Protuberanz- und superponirten Atmosphären-Lichtes, wesentlich davon abhängig, ob eine für dieses Verhältniss hinreichend starke Zerstreuung des Lichtes erzielt werden kann. Wenn es jedoch erlaubt ist, von der Intensität und Deutlichkeit, mit welcher die Linien der Protuberanzen erscheinen, namentlich die mittelste, — wovon ich mich durch eigene Anschauung am 24. December des vergangenen Jahres auf der Sternwarte zu Berlin überzeugt habe, — auf eine sehr bedeutende relative Helligkeit der Protuberanzen zu schliessen, so dürften die mir gegenwärtig durch den Besitz von vier vorzüglichen Prismensystemen zur Verfügung stehenden Mittel wohl ausreichend sein, um das Problem der Sichtbarkeit der Protuberanzen auf dem hier vorgeschlagenen Wege befriedigend zu lösen. —

1) Wegen noch nicht vollendeter Aufstellung der erforderlichen Instrumente habe ich bis jetzt auf eine eigene Prüfung dieser Methode an der Sonne verzichten müssen.

SITZUNG AM 12. FEBRUAR 1869.

H. Kolbe, *Chemische Constitution des Glycerins und seiner Derivate.*

Man pflegt bei Aufstellung einer neuen Hypothese über einen vielfach untersuchten und verschieden beurtheilten wissenschaftlichen Gegenstand die herrschenden Ansichten zu besprechen und die Gründe zu entwickeln, weshalb man dieselben verwirft. Es möge nicht falsch gedeutet werden, wenn ich hiervon abgehend bei dem vorliegenden Versuch, über die chemische Constitution des Glycerins und seiner zahlreichen Derivate eigne Ideen zu begründen, die bisherigen Ansichten mit Stillschweigen übergehe. Einmal ist es im gegenwärtigen Augenblicke wirklich schwer, zu sagen, welche die herrschenden, von der Mehrzahl der Chemiker adoptirten Vorstellungen über die Constitution des Glycerins sind, und sodann macht auch die heutige Mode, zu formuliren, ohne genau anzugeben, welche Gedanken die Formeln ausdrücken sollen, es oft unmöglich, die Bedeutung der Formeln ganz zu verstehen. Ich nehme hier eben so wenig Rücksicht auf meine eignen früheren Ansichten, welche ich in meinem Lehrbuch der organischen Chemie (Bd. 1. S. 815 ff) ausgesprochen habe und die ich gegenwärtig nicht mehr für haltbar erachte.

Seit lange beschäftigt mich die Frage, welche die näheren Bestandtheile des Glycerins seyen und welche Rolle sie darin spielen. Ich gewann sehr bald die Ueberzeugung, dass das Glycerin eine in seiner Zusammensetzung dem Grubengase zu vergleichende Verbindung des vierwerthigen Kohlenstoffs mit vier einwerthigen zusammengesetzten Radikalen sei, nämlich mit einem Atom Methyl, einem Atom Oxymethyl und zwei Atomen Hydroxyl:

$$\text{Glycerin} = \left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ H\Theta \end{matrix}\right\} C$$

Nur eine Thatsache wollte sich mit jener Hypothese nicht in Einklang bringen lassen, nämlich die Entstehung des Allyljodürs aus dem Glycerin, und dann weiter des Allylalkohols, welcher allgemein für einen primären Alkohol gilt, neben den Isopropylverbindungen, so wie ferner die nahen verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen dem Allylalkohol und Isopropylalkohol.

Ich glaube jetzt den Schlüssel zur Lösung dieses Problems gefunden zu haben, und will nun versuchen, meine Ansichten ausführlicher zu entwickeln.

Auf Grund der Hypothese, dass im Glycerin zwei Methylgruppen vorhanden sind, ohne welche Annahme für seine Beziehungen zu den Isopropylverbindungen meines Erachtens keine ausreichende Erklärung zu geben ist, lassen sich leicht mehrere Glycerinformeln aufbauen, z. B. die Formeln:

$$\left.\begin{matrix} CH_2.H\Theta \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ H \end{matrix}\right\} C \quad \text{und} \quad \left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH.(H\Theta)_2 \\ H\Theta \\ H \end{matrix}\right\} C$$

Ich zweifle nicht, dass Glycerine von dieser Zusammensetzung (jene beiden Formeln scheinen mir keines besonderen Commentars zu bedürfen) existiren oder sich darstellen lassen, aber es scheint mir eben so gewiss, dass keines jener beiden isomeren Glycerine das bekannte Glycerin der Fette ist. Das gesammte chemische Verhalten des letzteren ist meines Erachtens ungezwungen nur mit der Constitutionsformel:

$$\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ H\Theta \end{matrix}\right\} C \text{ zu interpretiren.}$$

Wie diese Formel ausspricht, nehme ich an, dass von den drei Atomen Hydroxyl des Glycerins zwei unter sich nahezu (vielleicht ganz) gleichwerthig sind und ebenso viele typische Wasserstoffatome des primitiven Grubengases ersetzen, wohingegen das dritte Atom Hydroxyl in einem der beiden Methylatome, welche die beiden andern typischen Wasserstoffatome

des Grubengases substituiren, die Stelle von ein Atom Wasserstoff einnimmt.

Dieses dritte Atom Hydroxyl hat eine andere Bedeutung, einen andern Rang, als jene ersten beiden. Es ist, wie sich unschwer erkennen lässt, fester gebunden und deshalb weniger leicht substituirbar als diese. Das dokumentirt sich am deutlichsten in den drei Chlorhydrinen. Durch Behandlung von Glycerin mit Chlorwasserstoff erhält man, wie bekannt, nur Mono- und Dichlorhydrin:

$$\underbrace{\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ Cl \end{array}\right\} C}_{\text{Monochlorhydrin}} \qquad \underbrace{\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ Cl \\ Cl \end{array}\right\} C}_{\text{Dichlorhydrin}}$$

Das dritte der einen Methylgruppe angehörende Atom Hydroxyl ist auf diese Weise nicht durch Chlor zu substituiren. Um Trichlorhydrin zu gewinnen, bedarf es der kräftigeren Wirkung des fünffach Chlorphosphors.

Die neutralen Fette sind obiger Hypothese gemäss nach folgender allgemeiner Formel zusammengesetzt zu betrachten, (worin St ein Säureradikal bedeutet):

$$\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.St\Theta \\ St\Theta \\ St\Theta \end{array}\right\} C,$$

d. h. sie haben die Zusammensetzung des Glycerins, und enthalten an Stelle der drei Hydroxyl-Wasserstoffatome je ein Atom eines einwerthigen Säureradikals.

Auch in den Fetten muss demnach die Oxylverbindung des einen Säureradikals anderen Rang haben wie die beiden andern, und bei der Verseifung weniger leicht durch Hydroxyl zu ersetzen sein. Darnach lässt sich erwarten, dass man bei Behandlung neutraler Fette mit Natron im ersten Stadium der Verseifung stearinsaures Natron und Monostearin erhält (Stearinsäure möge hier und weiterhin als Repräsentant der fetten Säuren gelten):

$$\underbrace{\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.St\Theta \\ St\Theta \\ St\Theta \end{array}\right\} C}_{\text{Tristearin}} + 2(Na\Theta H) = \underbrace{\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.St\Theta \\ H\Theta \\ H\Theta \end{array}\right\} C}_{\text{Monostearin}} + 2(Na\Theta St)$$

Die Annahme, dass die drei Hydroxyle des Glycerins nicht gleichen Rang haben, führt weiter zu der Schlussfolgerung, dass je zwei isomere Mono- und Distearine existiren, deren Isomerie folgende Formeln verdeutlichen mögen:

$$\underbrace{\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.St\Theta \\ H\Theta \\ H\Theta \end{array}\right\} C}_{\text{Monostearin}} \qquad \underbrace{\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ St\Theta \end{array}\right\} C}_{\text{Isomonostearin}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.St\Theta \\ H\Theta \\ St\Theta \end{array}\right\} C}_{\text{Distearin}} \qquad \underbrace{\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ St\Theta \\ St\Theta \end{array}\right\} C}_{\text{Isodistearin}}$$

Das Glycerin zeigt in seinem Verhalten gegen Schwefelsäure und Phosphorsäure eine bemerkenswerthe Analogie mit den Alkoholen, so dass man versucht sein könnte, es gleich diesen als Oxydhydrat eines einwerthigen tertiären Alkoholradikals zu betrachten, was folgende Formel ausspricht:

$$\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \end{array}\right\} C'\ \Theta H$$

Ich lasse die Frage, ob diese Auffassung, nach welcher alle drei Hydroxylatome des Glycerins verschiedenen Rang haben würden, richtig sei, jetzt unerörtert. Der Aetherschwefelsäure und Aetherphosphorsäure entsprechend betrachte ich die Glycerinschwefelsäure und Glycerinphosphorsäure nach folgenden Formeln zusammengesetzt:

$$\underbrace{\left.\begin{array}{l}\left(\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ H \\ H \end{array}\right\} C\right)' \\ H\end{array}\right\} \left.\begin{array}{l}\Theta \\ \Theta\end{array}\right\} (S\Theta_2)}_{\text{Aetherschwefelsäure}} \qquad \underbrace{\left.\begin{array}{l}\left(\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \end{array}\right\} C\right)' \\ H\end{array}\right\} \left.\begin{array}{l}\Theta \\ \Theta\end{array}\right\} (S\Theta_2)}_{\text{Glycerinschwefelsäure}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{array}{l}\left(\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ H \\ H \end{array}\right\} C\right)' \\ H \\ H\end{array}\right\} \left.\begin{array}{l}\Theta \\ \Theta \\ \Theta\end{array}\right\} (P\Theta)}_{\text{Aetherphosphorsäure}} \qquad \underbrace{\left.\begin{array}{l}\left(\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \end{array}\right\} C\right)' \\ H \\ H\end{array}\right\} \left.\begin{array}{l}\Theta \\ \Theta \\ \Theta\end{array}\right\} (P\Theta)}_{\text{Glycerinphosphorsäure}}$$

Chlorsubstitutionsprodukte des Glycerins.

Durch Einwirkung von Chlorwasserstoff auf Glycerin entsteht zuerst Chlorhydrin, sodann Dichlorhydrin, aber nicht Trichlorhydrin. Die Darstellung des letzteren gelingt erst durch Behandlung des Glycerins oder jener ersten beiden Chlorhydrine mit fünffach Chlorphosphor.

Die Beziehungen dieser drei Chlorsubstitutionsprodukte zu einander und zum Glycerin mögen folgende Formeln veranschaulichen:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ H\Theta \end{matrix}\right\} C}_{\text{Glycerin}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ Cl \end{matrix}\right\} C}_{\text{Monochlorhydrin}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ Cl \\ Cl \end{matrix}\right\} C}_{\text{Dichlorhydrin}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2.Cl \\ Cl \\ Cl \end{matrix}\right\} C}_{\text{Trichlorhydrin}}$$

Dasselbe gilt natürlich von den Bromhydrinen.

Das Dichlorhydrin verliert durch Behandlung mit Kalihydrat die Elemente von Salzsäure und verwandelt sich in Epichlorhydrin:

$$\underbrace{C_3H_6Cl_2\Theta}_{\text{Dichlorhydrin}} - HCl = \underbrace{C_3H_5Cl\Theta}_{\text{Epichlorhydrin}}$$

Es entsteht die Frage, wie hier der Process verläuft, aus welcher der beiden Methylgruppen des Glycerins, ob aus dem Methyl oder dem Oxymethyl desselben, ein Atom Wasserstoff weggenommen wird, und ob eine Ersetzung dieses Wasserstoffatoms durch Chlor stattfindet oder nicht.

Ich halte es für am wahrscheinlichsten, dass das Methyl eins seiner Wasserstoffatome an Chlor abgiebt. Würde dieser Wasserstoff durch das zweite Chloratom ersetzt, so hätte man das Epichlorhydrin nach der Formel: $\left.\begin{matrix} CH_2.Cl \\ CH_2.H\Theta \end{matrix}\right\} C$ zusammengesetzt zu betrachten, und der Process verliefe im Sinne folgender Gleichung:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ Cl \\ Cl \end{matrix}\right\} C}_{\text{Dichlorhydrin}} - HCl = \underbrace{\left.\begin{matrix} CH_2.Cl \\ CH_2.H\Theta \end{matrix}\right\} C}_{\text{Epichlorhydrin}}$$

Das Epichlorhydrin würde alsdann dem Isopropylen $\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\right\} C$

entsprechend constituirt sein, und als Stammradikal den zweiwerthigen Kohlenstoff enthalten. Mit dem Austritt von 1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Chlor aus dem Dichlorhydrin würde zugleich der vierwerthige Kohlenstoff des letzteren zu zweiwerthigem Kohlenstoff reducirt werden.

Findet keine Substitution des eliminirten Wasserstoffs durch Chlor statt, so lässt sich das Epichlorhydrin nach der rationellen Formel: $\left.\begin{array}{r}(CH_2)''\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\end{array}\right\}C$ zusammengesetzt betrachten, d. h. als Verbindung des vierwerthigen Kohlenstoffs mit einem Atom zweiwerthigen Methylens, einem Atom Oxymethyl und einem Atom Chlor.

Es kann nicht schwer sein, experimentell zu entscheiden, welche von beiden Betrachtungsweisen die richtige ist. Das Verhalten des Epichlorhydrins gegen Chlor, Wasser, Alkohol, Essigsäure, schwefligsaures Natron u. a. m. lässt sich eben so wohl mit der einen, wie mit der andern Auffassung interpretiren; hauptsächlich entscheidend ist hier die Frage, ob das Dichlorhydrin, welches aus Epichlorhydrin durch directe Vereinigung mit Chlorwasserstoff entsteht, identisch, oder bloss isomer mit dem aus Glycerin und Salzsäure gebildeten Dichlorhydrin ist, dem das Epichlorhydrin seine Entstehung verdankt.

Wäre das Epichlorhydrin eine Verbindung des zweiwerthigen Kohlenstoffs und nach der Formel: $\left.\begin{array}{r}CH_2.Cl\\ CH_2.H\Theta\end{array}\right\}C$ zusammengesetzt, so würde durch Addition von Chlorwasserstoff daraus voraussichtlich die Verbindung $\left.\begin{array}{r}CH_2.Cl\\ CH_2.H\Theta\\ H\\ Cl\end{array}\right\}C$ hervorgehen. Dieses Produkt würde aber nicht identisch, sondern bloss isomer mit dem Dichlorhydrin von der Zusammensetzung:

$$\left.\begin{array}{r}CH_3\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\\ Cl\end{array}\right\}C \text{ sein.}$$

Wenn dagegen das Epichlorhydrin eine solche Zusammensetzung hat, wie die Formel: $\left.\begin{array}{r}(CH_2)''\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\end{array}\right\}C$ ausdrückt, so steht

zu erwarten, dass der Process der Vereinigung dieses Epichlorhydrins mit Chlorwasserstoff im Sinne folgender Gleichung verläuft:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}(CH_2)'' \\ CH_2.H\Theta \\ Cl\end{matrix}\right\} C}_{\text{Epichlorhydrin}} + HCl = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ Cl \\ Cl\end{matrix}\right\} C}_{\text{Dichlorhydrin}}$$

dass also das resultirende Dichlorhydrin dieselbe rationelle Zusammensetzung hat, wie das aus dem Glycerin durch Behandlung mit Salzsäure entstehende Dichlorhydrin.

Die Eigenschaften und das chemische Verhalten jener beiden Chlorhydrine haben bis jetzt gegen ihre Identität keinen Zweifel aufkommen lassen, und ich halte deshalb die Formel: $\left.\begin{matrix}(CH_2)'' \\ CH_2.H\Theta \\ Cl\end{matrix}\right\} C$ für den die chemische Constitution des Epichlorhydrins richtig bezeichnenden symbolischen Ausdruck.

Folgende leicht verständliche Formeln und Gleichungen, welche mir keines besonderen Commentars zu bedürfen scheinen, mögen meine Ansichten über das chemische Verhalten des Epichlorhydrins gegen verschiedene Verbindungen und über die chemische Constitution der resultirenden Produkte veranschaulichen:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}(CH_2)'' \\ CH_2.H\Theta \\ Cl\end{matrix}\right\} C}_{\text{Epichlorhydrin}} + H_2\Theta = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ Cl\end{matrix}\right\} C}_{\text{Monochlorhydrin}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2 \\ CH_2.H\Theta \\ Cl\end{matrix}\right\} C}_{\text{Epichlorhydrin}} + \underbrace{C_5H_{11}\Theta H}_{\text{Amylalkohol}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ C_5H_{11}\Theta \\ Cl\end{matrix}\right\} C}_{\text{Amylchlorhydrin}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ C_5H_{11}\Theta \\ Cl\end{matrix}\right\} C}_{\text{Amylchlorhydrin}} - HCl = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2 \\ CH_2.H\Theta \\ C_5H_{11}\Theta\end{matrix}\right\} C}_{\text{Epioxyamylhydrin}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Epichlorhydrin}} + \underbrace{(C_2H_3\Theta)\Theta H}_{\text{Essigsäurehydrat}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\ CH_2.H\Theta\\ (C_2H_3\Theta)\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Acetylchlorhydrin}} \text{ oder } \left.\begin{matrix}CH_2.H\Theta\\ CH_2.H\Theta\\ C_2H_3\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Epichlorhydrin}} + \underbrace{(C_2H_3\Theta)\Theta(C_2H_3\Theta)}_{\text{Essigsäureanhydrid}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2.C_2H_3\Theta\\ CH_2.H\Theta\\ (C_2H_3\Theta)\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Diacetochlorhydrin}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Epichlorhydrin}} + \underbrace{(C_2H_3\Theta)Cl}_{\text{Chloracetyl}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2.C_2H_3\Theta\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Acetodichlorhydrin}} \text{ oder } \left.\begin{matrix}CH_2.Cl\\ CH_2.H\Theta\\ C_2H_3\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Epichlorhydrin}} + PCl_5 = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2\\ CH_2.Cl\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Epidichlorhydrin}} + HCl = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\ CH_2.Cl\\ Cl\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Trichlorhydrin}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Epichlorhydrin}} + \underbrace{\begin{matrix}Na\\ H\end{matrix}\left\{\begin{matrix}\Theta\\ \Theta\end{matrix}\right\}S\Theta}_{\text{saures schwefligsaures Natron.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C'[S\Theta_2]\Theta Na}_{\text{Chlor-oxyisopropyl-schwefelsaures Natron}}$$

Die Beziehungen der Chlorhydrine zu den daraus hervorgehenden Schwefelverbindungen werden durch folgende Gleichungen ungezwungen interpretirt:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\ CH_2\ H\Theta\\ H\Theta\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Monochlorhydrin}} + \underbrace{KSH}_{\text{Kaliumsulfhydrat}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\ CH_2.H\Theta\\ H\Theta\\ HS\end{matrix}\right\}C}_{\text{Sulfhydrin}} + KCl$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\ CH_2.H\Theta\\ Cl\\ Cl\end{matrix}\right\}C}_{\text{Dichlorhydrin}} + 2(KSH) = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\ CH_2.H\Theta\\ HS\\ HS\end{matrix}\right\}C}_{\text{Disulfhydrin}} + 2KCl$$

$$\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.Cl \\ Cl \\ Cl \end{array}\right\} C + 3\,KSH = \left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.HS \\ HS \\ HS \end{array}\right\} C + 3KCl$$

Trichlorhydrin — Trisulfhydrin

$$\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ Cl \end{array}\right\} C + \begin{array}{l} K\Theta \\ K\Theta \end{array} S\Theta = \left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \end{array}\right\} C\,S\Theta_2\,\Theta K + KCl$$

Monochlorhydrin — Dioxy-isopropylschwefelsaures Kali

$$\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ Cl \\ Cl \end{array}\right\} C + 2\left(\begin{array}{l} K\Theta \\ K\Theta \end{array} S\Theta\right) = \left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \end{array}\right\} C'' \left[\begin{array}{l} S\Theta_2 \\ S\Theta_2 \end{array}\right] \begin{array}{l} \Theta K \\ \Theta K \end{array} + 2KCl$$

Dichlorhydrin — Oxy-isopropylen-disulfonsaures Kali (Disulfoglycerinsäure)

$$\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.Cl \\ Cl \\ Cl \end{array}\right\} C + 3\left(\begin{array}{l} K\Theta \\ K\Theta \end{array} S\Theta\right) = \left(\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ H_2 \end{array}\right\} C\right) C''' \begin{array}{l} S\Theta_2\,\Theta K \\ S\Theta_2\,\Theta K \\ S\Theta_2\,\Theta K \end{array} + 3KCl$$

Trichlorhydrin — Propintrisulfonsaures Kali

Diese Propintrisulfonsäure, welche *Schäuffelen* »Trisulfoglycerinsäure« nennt[1], ist homolog mit der von *Theilkuhl* entdeckten Methintrisulfonsäure: $HC''' \left[\begin{array}{l} S\Theta_2\,\Theta \\ S\Theta_2\,\Theta \\ S\Theta_2\,\Theta \end{array}\right.$[2]. Sie enthält Aethyl an Stelle des Wasserstoffatoms des Methins.

Die obigen Hydrinen correspondirenden Aethylhydrine betrachte ich nach folgenden Formeln zusammengesetzt:

$$\left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ Cl \end{array}\right\} C + Na\Theta C_2H_5 = \left.\begin{array}{r} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ C_2H_5\Theta \end{array}\right\} C + NaCl$$

Monochlorhydrin — Natronäthylat — Aethylhydrin

1) Annalen der Chemie Bd. 148, S. 117.
2) Daselbst Bd. 147, S. 134.



$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_2.H\Theta\\Cl\\Cl\end{matrix}\right\}}_{\text{Dichlorhydrin}} C + 2(Na\Theta C_2H_5) = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_2.H\Theta\\C_2H_5\Theta\\C_2H_5\Theta\end{matrix}\right\}}_{\text{Diäthylhydrin}} C + 2NaCl$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_2.Cl\\Cl\\Cl\end{matrix}\right\}}_{\text{Trichlorhydrin}} C + 3(Na\Theta C_2H_5) = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_2.C_2H_5\Theta\\C_2H_5\Theta\\C_2H_5\Theta\end{matrix}\right\}}_{\text{Triäthylhydrin}} C + 3NaCl$$

Die Oxydation des Glycerins zu Glycerinsäure erhält durch folgende Gleichungen eine befriedigende Erklärung:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_2.H\Theta\\H\Theta\\H\Theta\end{matrix}\right\}}_{\text{Glycerin}} C + 2\Theta = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_2.H\Theta\\H\Theta\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Glycerinsäure}} C'[C\Theta]\Theta H + H_2\Theta$$

Besonders einfach und ungezwungen gestalten sich die Beziehungen des Glycerins zu dem Isopropylalkohol und Isopropylen, bei der Annahme, dass schon in jenem zwei Methylgruppen vorhanden sind.

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_2.H\Theta\\H\Theta\\H\Theta\end{matrix}\right\}}_{\text{Glycerin}} C + 5HJ = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Isopropyljodür}} C\ J + 3H_2\Theta + 4J$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Isopropyljodür}} C\ J - HJ = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\right\}}_{\text{Isopropylen}} C$$

Das dem Isopropylen isomere normale Propylen: $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\} C$ steht zum Propylalkohol: $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H_2\end{matrix}\right\} C\Theta H$ genau in derselben Beziehung, wie das Aethylen: $\left.\begin{matrix}CH_3\\H\end{matrix}\right\} C$ zum Aethylalkohol $\left.\begin{matrix}CH_3\\H_2\end{matrix}\right\} C\Theta H$. Jenes Aethylen wird gegenwärtig von vielen Chemikern Aethyliden genannt; dieselben bezeichnen mit dem Namen Aethylen

einen zweiwerthigen Kohlenwasserstoff, den sie sich durch Addition zweier Atome Methylen gebildet denken und dessen rationelle Zusammensetzung sie durch die Formel $\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$ ausdrücken. Ich habe schon an einem andern Orte meine Ueberzeugung ausgesprochen, dass ein solcher zweiwerthiger Kohlenwasserstoff nicht existirt.

Es hat mir, wie schon oben bemerkt, lange Zeit Schwierigkeit gemacht, zu erklären, wie unter fast gleichen Beziehungen aus dem Glycerin neben Isopropyljodür auch Allyljodür entsteht, und wie der Allylalkohol durch Addition zweier Wasserstoffatome in Isopropylalkohol übergehen kann. Man ist gewohnt, den Allylalkohol, da er bei seiner Oxydation Acrolein und die zugehörende Acrylsäure liefert, für einen primären Alkohol zu halten. Die Schwierigkeit, ja die Unmöglichkeit, diese Vorstellung mit der Thatsache in Einklang zu bringen, dass der Allylalkohol durch einfache Aufnahme von zwei Atomen Wasserstoff sich in den sekundären Isopropylalkohol verwandelt, hat mich endlich dahin geführt, die Frage in ernstliche Erwägung zu ziehen, ob denn der Allylalkohol wirklich ein primärer Alkohol sei.

Ich habe im Verlauf dieser Untersuchung die Ueberzeugung gewonnen, dass der Allylalkohol gleich dem Isopropylalkohol zu der Classe der sekundären Alkohole gehört. Wie der Isopropylalkohol an Stelle zweier Wasserstoffatome des typischen Methylalkohols: $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}C\,\Theta H$ zwei Atome Methyl enthält, so sind im Allylalkohol dieselben zwei Wasserstoffatome, das eine durch Methyl das andere durch Carbyl[1]) substituirt, was folgende Formeln veranschaulichen mögen:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}C\,\Theta H}_{\text{Methylalkohol}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\H\end{matrix}\right\}C\,\Theta H}_{\text{Isopropylalkohol}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH\\H\end{matrix}\right\}C\,\Theta H}_{\text{Allylalkohol}}$$

1) Mit dem Namen »Carbyl« belege ich das einwerthige Radikal: CH, welches den zweiwerthigen Kohlenstoff mit ein Atom Wasserstoff vereinigt enthält. Es ist isomer mit dem dreiwerthigen »Methin«, worin die Sättigungscapacität des vierwerthigen Kohlenstoffs nur zu ein Viertel befriedigt ist.

Mit dieser Hypothese gewinnt die Umwandlung des Allylalkohols in Isopropylalkohol die einfachste Erklärung:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH\\H\end{matrix}\right\}C\ \Theta H}_{\text{Allylalkohol}} + H_2 = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\H\end{matrix}\right\}C\ \Theta H}_{\text{Isopropylalkohol}}$$

Die sekundären Alkohole geben bei ihrer Oxydation nicht wie die primären Alkohole ein Aldehyd, sondern statt dessen ein Aceton. Ist nun der Allylalkohol ein sekundärer Alkohol, und verläuft der Oxydationsprocess normal, so folgt daraus, dass das Acrolein nicht wie man bislang angenommen hat, ein Aldehyd, sondern dass es ein Aceton ist von der Zusammensetzung: $\left.\begin{matrix}CH_3\\CH\end{matrix}\right\}C\Theta$.

Dem scheint freilich sein Verhältniss zur Acrylsäure zu widersprechen. Wenn man jedoch das Vorurtheil abstreift, dass die Acrylsäure zum Acrolein genau in derselben Beziehung stehen müsse, wie die Essigsäure zu ihrem Aldehyd, so ist die Oxydation des Acroleins (als Aceton aufgefasst) zu Acrylsäure sehr leicht und einfach zu interpretiren. Die oxydirende Wirkung des Sauerstoffs trifft das Carbyl des Acroleins. Während der Wasserstoff desselben zu Hydroxyl oxydirt wird, vereinigt sich das zweiwerthige Kohlenstoffatom desselben mit dem Methyl zu dem einwerthigen Vinyl und es resultirt Vinyl-Kohlensäure d. i. Acrylsäure.

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\CH\end{matrix}\right\}[C\Theta]}_{\text{Acrolein}} + \Theta = \underbrace{(CH_3)C'[C\Theta]\Theta H}_{\text{Acrylsäure}}$$

Diese Zusammensetzung der Acrylsäure lässt voraussehen, dass bei Einwirkung von nascirendem Wasserstoff auf Acrylsäure das Vinylradikal desselben in Aethyl übergeht, und dass sie dadurch in Propionsäure umgewandelt wird.

$$\underbrace{(CH_3)C'[C\Theta]\Theta H}_{\text{Acrylsäure}} + H_2 = \underbrace{\left.\begin{matrix}CH_3\\H_2\end{matrix}\right\}C'[C\Theta]\Theta H}_{\text{Propionsäure}}$$

Linnemann[1]) hat gezeigt, dass die wässrige Acrylsäure in Berührung mit Natriumamalgam sich in Propionsäure verwandelt.

Untersucht man, wie das sonstige chemische Verhalten des Acroleins und seine Bildungsweise aus Glycerin mit der Annahme harmonirt, dass dasselbe ein Aceton sei, so gewinnt man schnell die Ueberzeugung, dass dieser Hypothese daraus keine Schwierigkeit, im Gegentheil die kräftigste Unterstützung erwächst.

Das gilt zunächst von der Bildung des Acroleins aus dem Glycerin durch saures schwefelsaures Kali, welcher Process im Sinne folgender Gleichung verläuft:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2.H\Theta \\ H\Theta \\ H\Theta \end{matrix}\right\} C}_{\text{Glycerin}} - 2(H_2\Theta) = \underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH \end{matrix}\right\} [C\Theta]}_{\text{Acrolein}}$$

Ferner würde die von *Linnemann*[2]) beobachtete Umwandlung des Acroleins durch nascirenden Wasserstoff erst in Allylalkohol und dann weiter in Isopropylalkohol (nicht normalen Propylalkohol) welche mit obiger Hypothese so leicht zu interpretiren ist:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH \end{matrix}\right\} C\,\Theta}_{\text{Acrolein}} + H_2 = \underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH \\ H \end{matrix}\right\} C\,\Theta H}_{\text{Allylalkohol}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \\ H \end{matrix}\right\} C\,\Theta H}_{\text{Allylalkohol}} + H_2 = \underbrace{\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \\ H \end{matrix}\right\} C\,\Theta H}_{\text{Isopropylalkohol}}$$

eine gezwungene und unbefriedigende Erklärung erhalten, wollte man das Acrolein als Aldehyd der Acrylsäure auffassen und nach der Formel: $\left.\begin{matrix} (CH_3)C \\ H \end{matrix}\right\} [C\Theta]$ zusammengesetzt betrachten. Wäre das Acrolein wirklich dieses Aldehyd, so würde,

[1]) Annalen der Chemie, Bd. 125. S. 317.
[2]) Annalen der Chemie, Suppl. III. S. 257 ff.



wenn man aus dem Verhalten der Acrylsäure gegen nascirenden Wasserstoff einen Rückschluss macht, zu erwarten sein, dass ein so constituirtes Acrolein durch nascirenden Wasserstoff in Propionsäurealdehyd umgewandelt werde, was nicht geschieht:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}(CH_3)C\\H\end{matrix}\right\}C\Theta}_{\text{Acrolein?}} + H_2 = \underbrace{\left.\begin{matrix}\left.\begin{matrix}CH_3\\H_2\end{matrix}\right\}C\\H\end{matrix}\right\}C\Theta}_{\text{Propionsäurealdehyd}}$$

Geuther[1]) hat gezeigt, dass bei Einwirkung von fünffach Chlorphosphor auf Acrolein neben dem sogenannten Acroleinchlorid (von der Zusammensetzung $\left.\begin{matrix}CH_3\\CH\\Cl_2\end{matrix}\right\}C$) eine isomere Verbindung von höherer Siedetemperatur (102°C) entsteht, die nach ihm mit dem Epidichlorhydrin identisch ist, welches durch Erhitzen von Trichlorhydrin mit Kalihydrat erzeugt wird, und welches sich mit Chlorwasserstoff direkt wieder zu Trichlorhydrin vereinigt.

Derselbe hat ferner dargethan, dass dieses Trichlorhydrin unmittelbar aus dem Acrolein hervorgeht, wenn bei Einwirkung von fünffach Chlorphosphor Salzsäure gegenwärtig ist.

Alle diese Thatsachen unterstützen die Vorstellung, dass das Acrolein ein Aceton von der Zusammensetzung $\left.\begin{matrix}CH_3\\CH\end{matrix}\right\}C\Theta$ und nicht das Aldehyd der Acrylsäure sei, sie dienen ferner zur Bekräftigung der oben dargelegten Hypothese über die Constitution des Glycerins und seiner Derivate. Bei sorgfältigem Suchen ist mir keine Thatsache aufgestossen, welche mit dieser Hypothese nicht gut in Einklang zu bringen wäre.

---

1) Zeitschrift für Chemie 1865, S. 24 ff.

Dr. N. O. Bernstein, *Zur Physiologie der Bauchspeichelabsonderung.* Aus dem physiologischen Institute. Vorgelegt vom wirkl. Mitglied *C. Ludwig.*

I. Absonderungsgeschwindigkeit des Bauchspeichels an permanenten Fisteln.

Das einzige Mittel, die Absonderung des Bauchspeichels, ihre Geschwindigkeit und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Umständen zu erforschen, besteht in der Anlegung von Pankreasfisteln und zwar von permanenten Pankreasfisteln. Temporäre Fisteln sind zu diesem Zwecke nicht geeignet, erstens, weil die Beobachtungen nicht lange genug fortgesetzt werden können, und zweitens, weil die Versuchsthiere während der Beobachtungszeit sich noch nicht ganz von den Folgen der Operation erholt haben können. Die Einwände, welche *Cl. Bernard* gegen die permanenten Pankreasfisteln zu Gunsten der temporären macht, sind nicht stichhaltig. Nach ihm sollen nämlich permanente Fisteln ein verdünntes, in Folge der nach der Operation eingetretenen Degeneration der Bauchspeicheldrüse verändertes, mit Einem Worte ein pathologisches Sekret liefern, das nicht mehr alle Eigenschaften des normalen Bauchspeichels besitzt; die Absonderungsgeschwindigkeit dieses Sekrets soll im allgemeinen grösser, und von der Nahrungsaufnahme unabhängiger sein als im normalen Zustande.

Wären diese Einwürfe begründet, so müssten wir von vornherein auf die Möglichkeit verzichten, über die Absonderungsbedingungen des Bauchspeichels in's Klare zu kommen. Glücklicherweise ist es nicht schwer, diese Einwürfe zurückzuweisen. Das Pankreas von getödteten Fistelhunden unterscheidet sich dem Aussehn nach nicht vom Pankreas ganz normaler Hunde. Das aus der Fistel gewonnene Sekret besitzt alle Eigenschaften, die nach unsern jetzigen Begriffen dem normalen Bauchspeiche

zukommen. Es emulgirt nicht nur Fette und verwandelt sehr schnell Amylum in Zucker, sondern verdaut auch Eiweissstoffe. Ich habe mich von diesen Eigenschaften des aus permanenten Fisteln gewonnenen Bauchspeichels im Verlaufe der folgenden Untersuchung viele Male auf das unzweifelhafteste überzeugt, und werde darauf unten noch zurückkommen. Was die Abhängigkeit der Bauchspeichelabsonderung von der Nahrungsaufnahme betrifft, so ist dies eben eine Frage, deren Beantwortung ich mir zunächst zur Aufgabe stellte, und wir werden bald sehen, dass diese Abhängigkeit an permanenten Fisteln sehr deutlich zu Tage tritt.

Zur Anlegung permanenter Fisteln bei Hunden verfuhr ich nach folgender von *Weinmann*[1]) beschriebenen, von mir etwas abgeänderten Methode: Die Bauchhöhle wurde durch einen ungefähr zwei Centimeter langen Schnitt in der Linea alba in der Mitte zwischen Schwerdtfortsatz und Nabel eröffnet; durch diese Oeffnung wurde das Duodenum aufgesucht und mit dem daran befestigten Pankreaslappen hervorgezogen. Der enge Zwischenraum zwischen Darm und Drüse ist von zahlreichen Gefässen überbrückt, welche leicht bluten; der pankreatische Gang ist von dem stärksten und untersten Bündel solcher Gefässe bedeckt. Dieses Bündel wurde also bei Seite geschoben und darunter der Gang (an seiner blässeren Färbung und stärkeren Lumen von den Gefässen kenntlich,) aufgesucht, mit der Scheere angeschnitten, und in denselben ein Bleidrath so eingeführt, dass das eine Ende in den Darm reichte, das andere bis weit in die Drüse vorgeschoben wurde, der mittlere Theil zusammengedreht aus der Oeffnung des Ganges hervorragte. Der so eingelegte Drath konnte wegen seiner T-artigen Form weder herausschlüpfen noch sich im Gange verschieben, obgleich er das Lumen des letztern nicht ausfüllte und den Abfluss des Sekrets nicht hindern konnte. Drei in der Nähe des Ganges durch die Darmwand gezogene Fäden dienten, nachdem die Drüse und etwa vorgefallne Därme und Netz in die Bauchhöhle zurückgebracht waren, zur Befestigung des Darms an die Bauchwunde, worauf letztere durch einige Näthe geschlossen wurde, mit der Vorsicht, dass das zusammengedrehte Mittelstück des Draths frei in die Wunde hineinragte. — Obgleich die Operation an nicht nar-

1) Zeitschr. f. rat. Med. N. F. III. Bd.

kotisirten Thieren ausführbar ist und auch mehrere Male ausgeführt wurde, fand ich es doch im Laufe der Untersuchung für vortheilhafter, die Hunde durch Morphiuminjektion in eine Vene zu narkotisiren, da dadurch die höchst störenden Contractionen der Bauchpresse und sonstigen Bewegungen des Thieres vermieden werden und man mit mehr Ruhe arbeiten kann. — Was die Wahl der Thiere betrifft, so nahm ich vorzüglich kleine Hunde, da bei diesen der Zwölffingerdarm leichter von der Mittellinie aus zu erreichen ist, und bei der Fistelbildung weniger gezerrt und aus ihrer natürlichen Lage gebracht werden muss. — Der Hund durfte am Tage der Operation nichts gefressen haben, weil bei Hunden während der Verdauung Pankreas und Dünndarm sehr blutreich sind und die Verletzung selbst kleinerer Gefässe starke Blutungen veranlasst.

Vierundzwanzig Stunden nach der Operation wurden die Näthe entfernt, der Drath aber liegen gelassen, und einen oder zwei Tage später konnte bereits der aus der Fistel ausfliessende Saft aufgefangen werden. Zu diesem Zwecke wurde das Thier durch Riemen an einen horizontalen von der Zimmerdecke herabhängenden Stab so aufgehängt, dass es sich noch kaum auf einem darunter befindlichen Tische stützen konnte und sich also in einer halb stehenden, halb schwebenden Lage befand. Ein die Fistel umgebender Trichter, der in ein graduirtes Röhrchen mündete, diente zum Auffangen des Saftes, dessen Höhe im Röhrchen von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Minuten abgelesen wurde. Jeder Theilstrich der zwei von mir benutzten Röhrchen entsprach 0,18 resp. 0,2 Cub. Centim. und nur so viel konnte auch der grösste Fehler beim Ablesen betragen, welcher Fehler sich aber bei der nächsten Ablesung ausgleichen musste. Die aufgefangene Flüssigkeit wurde jedesmal auf ihre verdauenden Eigenschaften geprüft. Immer zeigte sie eine schnelle sacharificirende Wirkung auf Stärkekleister und fast immer verdaute sie Blutfaserstoff ohne den geringsten fauligen Geruch bei 40° C im Verlaufe von $^1/_2$—5 Stunden.

Bevor ich zur Anführung meiner Versuche übergehe, will ich noch darauf aufmerksam machen, dass man an Fistelhunden nie den gesammten in einer bestimmten Zeit abgesonderten Bauchspeichel erhält. Die Bauchspeicheldrüse des Hundes besitzt bekanntlich zwei Ausführungsgänge: einen obern engen, welcher an gleicher Stelle mit dem Gallengange in den Darm

mündet, also dem *Virsung*'schen Gange des Menschen entspricht, und einen untern weitern, der etwa zwei Centimeter tiefer unten in den Zwölffingerdarm einmündet. Beide Gänge communiciren mit einander, so dass eine in den einen Gang in der Richtung nach der Drüse eingespritzte Flüssigkeit durch den andern Gang in den Darm abfliesst. Da nur der untere Gang zur Anlegung einer Fistel benutzt werden kann, (der obere ist am todten Thiere mit Mühe, am lebenden wahrscheinlich gar nicht aufzufinden,) so kann ein gewisser Theil des abgesonderten Saftes in den Darm anstatt in die Fistel abfliessen. Wie gross dieser Theil ist, der für den Versuch verloren geht, lässt sich unmöglich bestimmen. Eine leichte Drehung oder Zerrung beim Anheften des Darms kann hinreichend sein, um im untern Gange einen sonst nicht existirenden Widerstand zu schaffen und dem obern Gange einen verhältnissmässig grössern Theil des abgesonderten Saftes zuzuführen. Wenn daher zwei anscheinend gleich operirte Theile ungleiche Mengen Safts liefern, so wird man daraus noch nicht den Schluss ziehen dürfen, dass sie auch ungleiche Mengen Saftes absondern. Es ist mir im Verlaufe meiner jetzigen Untersuchung mehrmals vorgekommen, dass Thiere nach einer sonst ganz gut gelungenen Operation überhaupt gar keinen Saft lieferten, obgleich sie sich ganz wohl befanden. Ich lege aus diesem Grunde auch keinen Werth auf die absoluten (stündlichen oder täglichen) Bauchspeichelmengen. Ich erinnere nur daran, dass die darüber vorhandenen Angaben verschiedner Autoren, soweit sie sich auf Hunde beziehen, zwischen 2,5 und 117 Grm. in 24 Stunden für 1 Kilogr. Körpergewicht schwanken. Meine Versuche würden wahrscheinlich zwischen diesen beiden Extremen stehende Mengen ergeben haben, womit weiter nichts als einige ganz bedeutungslose Zahlen gewonnen wären.

Anders verhält es sich mit den Schwankungen der Absonderung bei ein und demselben Thiere. Wenn auch nur ein Theil des gesammten Bauchspeichels durch die Fistel abfliesst, so werden die zeitlichen Schwankungen der Absonderungsgeschwindigkeit sich auch an diesem Theile bemerkbar machen müssen. Dass dem wirklich so ist, beweisen die regelmässigen Schwankungen in der Menge des zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen von denselben Fistelthieren gewonnenen Bauchspeichels.

Diese regelmässigen Schwankungen stehen in direktem Zusammenhange mit der Nahrungsaufnahme. Die Thatsache ist nicht neu, und alle Forscher welche die Bauchspeichelabsonderung untersucht haben, heben hervor, dass dieselbe während der Verdauung gesteigert ist. Aber es ist meines Wissens bis jetzt nicht versucht worden festzustellen, wie sich die Absonderungsgeschwindigkeit des Bauchspeichels zu den verschiedenen Stadien der Verdauung verhält. Folgende an 6 Versuchsthieren gewonnene Zahlen geben darüber Aufschluss:

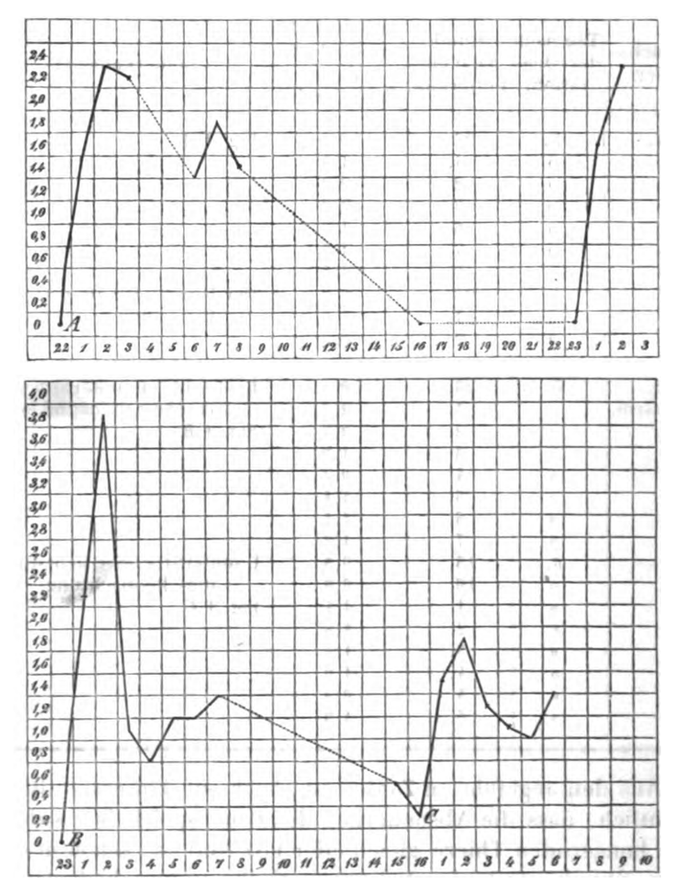
Versuchsthier.	Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesonderte Menge Cub. Centm. [1]	Bemerkungen.
I.	5.	24.	0	
	»	1.	1,4	
	9.	15.	0	
	»	1.	2,2	
	»	4.	2,3	
II.	7.	15.	0,33	
	»	1.	1,6	
	»	5.	2,6	
	»	6.	3,0	
III. 6600 Grm.	3.	20.	0	
	»	1.	0,6	
	»	6.	0,5	Der Hund ist am folgenden Tage zu einem andern Versuche benutzt worden, von dem weiter unten die Rede ist.
	4.	22.	0	
	»	1.	1,5	
	»	2.	2,0	
	5.	20.	0	
IV. 5900 Grm.	5.	20.	0	
	»	1.	2,1	
	»	2.	3,0	
	»	3.	3,6	
	»	4.	5,2	
	6.	22.	0	
	»	1.	5,4	
	7.	21.	0,4	Der Hund wird zu einem weiteren Versuche benutzt.
	»	1.	5,7	

1) Die hier angegebenen Mengen sind aus grösseren während $1/2$—1 Stunde gewonnenen Mengen berechnet.

Versuchs-thier.	Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesonderte Menge Cub. Centim.	Bemerkungen.
V.	3.	22.	0	Fig. 1 *A*.
	»	1.	1,5	
	»	2.	2,3	
	»	3.	2,2	
	»	6.	1,3	
	»	7.	1,8	
	»	8.	1,4	
	4.	23.	0	Der Hund wird zu weiteren Versuchen benutzt.
	»	1.	1,6	
	»	2.	2,3	
VI. 6000 Grm.	5.	23.	0	Beobacht. ununterbrochen während acht Stunden. Fig. 1 *B*.
	»	1.	2,2	
	»	2.	3,8	
	»	3.	1,0	
	»	4.	0,7	
	»	5.	1,1	
	»	6.	1,1	
	»	7.	1,3	
	6.	15.	0,5	Ununterbrochene achtstündige Beobachtung. Fig. 1 *C*.
	»	16.	0,2	
	»	1.	1,4	
	»	2.	1,8	
	»	3.	1,2	
	»	4.	1,0	
	»	5.	0,9	
	»	6.	1,3	

Aus den angeführten Zahlen ist gleich auf den ersten Blick ersichtlich, dass die Absonderung des Bauchspeichels, welche beim hungernden Thiere gleich oder fast Null ist, schon in der ersten Stunde nach der Nahrungsaufnahme eine bedeutende Höhe, in der zweiten oder dritten Stunde aber ihr Maximum erreicht, dann fällt, in der 5—7ten Stunde wieder etwas aufsteigt, um von da bis etwa gegen die 15te Stunde wieder auf Null herabzusinken.

Dieses Ergebniss ist in Fig. 1 graphisch dargestellt in Form von Curven, auf deren Abscissenaxe die Zeit nach der Nahrungsaufnahme aufgetragen ist, während die Ordinaten die entsprechenden Absonderungsgeschwindigkeiten (auf 10 Minuten berechnet) darstellen. Als Grundlage zur Curve *A* dienen die am Versuchsthier V, zu den Curven *B* und *C* die vom Thier VI gewonnenen Zahlen.



Ich brauche nicht erst auf die auffallende Aehnlichkeit dieser drei Curven aufmerksam zu machen, aus welcher hervorgeht, dass wir es hier nicht etwa mit zufälligen, unregelmässigen, sondern mit gesetz- und regelmässigen Schwankungen zu thun haben. Dafür sprechen auch die übrigen von den Thieren I—IV erhaltenen und in der obigen Tabelle mitgetheilten Zahlen.

Die Ermüdung der stundenlang im Schwebeapparat aufgestellten Versuchsthiere und die heranbrechende Nacht verbinderten mich leider die Beobachtungen über die achte Stunde nach der Fütterung hinaus auszudehnen. Da ich 15 Stunden nach der Nahrungsaufnahme immer nur ganz unbedeutende

Mengen Bauchspeichels erhielt, so glaube ich annehmen zu können, dass die Absonderung von der 9ten—15ten Stunde in fortwährendem Sinken begriffen ist, und habe auch in diesem Sinne die Curven (durch punktirte Linien) ergänzt. Es kommt übrigens nicht viel darauf an, ob dieser Curvenabschnitt mehr oder weniger steil abfällt, da es sich hauptsächlich um die Constatirung der Thatsache handelt, dass die Bauchspeichelabsonderung bei einigermassen auseinandergerückten Mahlzeiten fast oder ganz aufhört. Da aber gewöhnlich die Mahlzeiten nicht mehr als acht bis zehn Stunden auseinander liegen, so ist die Bauchspeichelsecretion im normalen Zustande als eine beständige mit jeder Mahlzeit steigende und in den Intervallen wieder abnehmende zu betrachten.

II. Einfluss der Nerven auf die Pankreasabsonderung.

Die oben constatirten regelmässigen Schwankungen in der Geschwindigkeit der Bauchspeichelabsonderung können kaum anders als auf reflektorischen Vorgängen beruhend aufgefasst werden. Man kann sich diesen Reflex als Anregung der Absonderungsthätigkeit oder als Aufhebung einer Hemmung denken, der Anstoss dazu ist durch die Reizung gewisser Stellen des Verdauungsapparats gegeben.

Den ersten und wirksamsten Anstoss zur Bauchspeichelabsonderung giebt der Eintritt der Speisen in den Magen. Dies beweist der jähe Aufschwung der Absonderungscurve gleich nach der Nahrungsaufnahme. Kaum ist der erste Bissen hinuntergeschluckt, so fangen die Tropfen aus der Fistel rasch aufeinander zu folgen an. Während der ersten Zeit der Magenverdauung dauert dieses Ansteigen der Absonderung ununterbrochen fort. Bald aber hat sich die Magenschleimhaut an den Reiz der Speisen gewöhnt, letztere fangen an den Magen zu verlassen, und die Bauchspeichelabsonderung fängt wieder zu sinken an.

Die zweite weniger steile Erhebung der Absonderungscurve fällt in die 6te—7te Stunde nach der Nahrungsaufnahme, d. h. in eine Zeit, wo die Magenverdauung bereits vollendet und die Speisen in den Dünndarm übergegangen sind. Der Uebergang der Speisen in den Dünndarm erfolgt zwar nicht mit einem Male, aber jedenfalls zu Ende der Magenverdauung viel schneller als zu Anfang derselben; der Pförtner lässt schliesslich auch solche gröbere und unverdaute Speisereste passiren, welchen er

anfangs den Durchgang verweigerte. Durch diese wird nun ein stärkerer Reiz auf die Dünndarmschleimhaut geübt, und dieser Reiz giebt den Anstoss zur zweiten Erhebung der Absonderungsgeschwindigkeit des Bauchspeichels.

Abgesehn von den durch die Nahrungsaufnahme bedingten regelmässigen Schwankungen machen sich in der Absonderung des Bauchspeichels noch andere, vorübergehende und unregelmässige Schwankungen bemerkbar, deren Ursachen meistentheils unbekannt sind. Bestimmt man die Mengen des abgesonderten Saftes von fünf zu fünf oder von zehn zu zehn Minuten, so findet man, dass diese Mengen in zwei solchen aufeinanderfolgenden Zeiteinheiten keineswegs immer gleich sind, sondern oft beträchtlich differiren. Folgende verschiedenen Versuchsthieren entnommene Zahlenreihen geben einen Begriff von diesen Schwankungen:

VI.

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.	Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.
0—10 Min.	0,4	200—210 Min.	0,5
10—20 »	0,5	210—220 »	0,5
20—30 »	0,9	220—230 »	1,3
30—40 »	2,5	230—240 »	0,8
40—50 »	3,3	240—250 »	0,5
50—60 »	5,6	250—260 »	0,6
60—70 »	5,3	260—270 »	1,5
70—80 »	4,9	270—280 »	1,1
80—90 »	3,8	280—290 »	1,7
90—100 »	3,2	290—300 »	1,1
100—110 »	2,7	300—310 »	1,2
110—120 »	2,7	310—320 »	1,6
120—130 »	2,0	320—330 »	1,0
130—140 »	1,5	330—340 »	1,3
140—150 »	1,5	340—350 »	1,2
150 160 »	0,4	350—360 »	0,6
160—170 »	0,4	360—370 »	1,4
170—180 »	0,2	370—380 »	1,0
180—190 »	0,5	380—390 »	1,5
190—200 »	0,6	390—400 »	1,5

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.	Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.
0—10 Min.	0,7	40—50 Min.	1,1
10—20 »	1,6	50—60 »	1,5
20—30 »	1,7	60—70 »	1,2
30—40 »	1,7	70—80 »	0,6

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.	Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.
80—90 Min.	1,6	200—210 Min.	0,8
90—100 »	2,2	210—220 »	1,3
100—110 »	2,1	220—230 »	1,9
110—120 »	2,9	230—240 »	0,4
120—130 »	1,2	240—250 »	0,4
130—140 »	1,2	250—260 »	0,4
140—150 »	1,3	260—270 »	0,8
150—160 »	1,1	270—280 »	1,0
160—170 »	1,1	280—290 »	1,0
170—180 »	1,4	290—300 »	1,6
180—190 »	0,9	300—310 »	1,2
190—200 »	0,6	310—320 »	1,4

V.

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.
40—50 Min.	1,4
50—60 »	1,6
60—70 »	1,8
70—80 »	2,0
80—90 »	2,8
90—100 »	2,2
100—110 »	2,6
110—120 »	2,6
120—130 »	2,2
130—140 »	2,2
140—150 »	2,4
150—160 »	2,0
160—170 »	2,2
170—180 »	2,0
330—340 »	1,2
340—350 »	1,6
350—360 »	1,2
360—370 »	2,4
370—380 »	1,8
380—390 »	2,0
390—400 »	4,6
400—410 »	1,2
410—420 »	1,6
420—430 »	1,6
430—440 »	1,2

IV.

Zeit nach der Fütterung.	In 5 Min. Cub. Centim.
5—10 Min.	0,4
10—15 »	0,6
15—20 »	0,6
20—25 »	1,0
25—30 »	2,8
30—35 »	1,6
35—40 »	1,6
40—45 »	2,0
45—50 »	2,6
245—250 »	1,0
250—255 »	1,4
255—260 »	1,4
260—265 »	2,2
265—270 »	1,8
270—275 »	2,6
275—280 »	2,4
280—285 »	2,4
285—290 »	3,0
290—295 »	1,8
295—300 »	1,8
300—305 »	3,8
305—310 »	2,8

III.

Zeit nach der Fütterung.	In 5 Min. Cub. Centim.
35—40 Min.	0,6
40—45 »	0,4
45—50 »	0,8
50—55 »	1,0
55—60 »	1,0
60—65 »	0,6
65—70 »	0,6
70—75 »	1,0
75—80 »	0,8
80—85 »	0,8
85—90 »	0,6
90—95 »	0,6

Ich habe diese Beobachtungen darum so detaillirt angestellt und angeführt, weil es hier darauf ankommt, die selbstständigen Schwankungen in der Absonderungsgeschwindigkeit von den durch künstliche Einflüsse hervorgerufenen zu unterscheiden. Wie aus der Tabelle ersichtlich, sind diese selbstständigen Schwankungen nie so bedeutend, dass die Absonderungsgeschwindigkeit während der Verdauungsperiode auf Null oder nahe auf Null herabsinke. Von dieser Regel habe ich bis jetzt nur eine Ausnahme kennen gelernt. Die Absonderung steht nämlich beim Eintritte von Erbrechen ganz oder fast ganz still. Diese Thatsache ist bereits von *Weinmann* und *Cl. Bernard* constatirt und ich hebe sie hier nur darum besonders hervor, weil sie zum Ausgangspunkte der folgenden Versuche über den Einfluss der Nerven auf die Bauchspeichelabsonderung diente.

Der Fistelhund I bot mir die Gelegenheit den Einfluss des spontanen Erbrechens auf die Bauchspeichelabsonderung zu constatiren. Am 5. Tage nach der Operation hatte er nach vierundzwanzigstündigem Fasten eine ziemliche Menge rohen Fleisches gefressen, worauf er, in den Hängeapparat gebracht, folgende Mengen Saftes lieferte:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesonderte Cub. Centim.	Bemerkungen.
30 Min.	0,8	
40 »	1,4	
50 »	1,4	
60 »	1,4	

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert. Cub. Centim.	Bemerkungen.
70 Min.	0,9	Brechbewegungen.
80 »	1,2	
90 »	0,7	
100 »	1,1	
110 »	1,0	
120 »	0,4	Erbrechen.
130 »	0,7	
140 »	0,1	Erbrechen.
150 »	0,4	
160 »	0,4	
170 »	0,2	Erbrechen.
180 »	0,4	
190 »	0,2	
200 »	0,4	
210 »	0,9	

Es ist aus diesen Zahlen ersichtlich: 1) dass schon die Brechneigung (Uebelkeiten) die Bauchspeichelabsonderung verlangsamt, selbst wenn das Erbrechen erst viel später eintritt; 2) dass die Absonderung während des Erbrechens fast ganz still steht; 3) dass die Verlangsamung der Secretion noch einige Zeit nach dem Erbrechen anhält.

An eine mechanische Erklärung dieser Wirkung des Erbrechens ist schon darum nicht zu denken, weil die Verlangsamung der Bauchspeichelabsonderung sich nicht blos auf den Moment des Erbrechens beschränkt, sondern früher anfängt und einige Zeit darüber hinausdauert; ganz abgesehn davon, dass man vom Druck der Bauchpresse beim Erbrechen gerade die entgegengesetzte mechanische Wirkung erwarten dürfte. Die Thatsache deutet also auf einen noch nicht näher bekannten Nerveneinfluss und es liegt nah, vor allem an denjenigen Nerven zu denken, dessen Reizung das Erbrechen zur Folge hat, — nämlich an den Vagus.

Es frägt sich also, ob nicht dieselbe Reizung des Vagus welche Erbrechen hervorruft, auch eine Hemmung der Pankreassecretion bewirkt. Diese Frage wird durch die nun zu beschreibenden Versuche bejaht.

Zu diesen Versuchen wählte ich Fistelhunde, die seit einigen Tagen operirt von den Folgen der Operation sich vollständig erholt hatten, so dass die Absonderung im besten Gange

war. Nachdem ich mich an diesen Thieren von dem Einflusse der Nahrungsaufnahme überzeugt hatte, legte ich während der Verdauung einen Vagus blos, und beobachtete dann die Absonderungsgeschwindigkeit ohne und während der künstlichen Reizung des blosgelegten Nerven. Zu den Versuchen dienten die schon oben angeführten Fistelhunde III, IV und V.

1) Fistelhund IV. Am 6. Tage nach der Operation, nach 22stündigem Hungern ist die Absonderung fast 0. In den ersten zwanzig Minuten nach der Fütterung erreicht sie die bedeutende Höhe von 5,4 Cub. Centim. in 10 Minuten. Drei Stunden darauf, während die Absonderung noch ziemlich bedeutend ist, wird der linke Vagus aufgesucht und abgeschnürt. Nach dieser Operation ist im Verlaufe einer halben Stunde kein Tropfen Saft aus der Fistel zu gewinnen.

7. Tag. 18te Stunde nach der Abschnürung des Vagus:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
22 St. —	0,4 C. Cm.	
10 Min.	0,4 »	
20 »	0,4 »	
30 »	0,6 »	Fütterung.
40 »	6,0 »	
50 »	5,4 »	
60 »	0,0 »	Reizung des centralen Vagusstumpfes, Brechbeweg.
70 »	0,0 »	

Erst zwanzig Minuten nach der Vagusreizung kommt die Absonderung wieder zum Vorschein, anfangs langsam aber allmälig steigend, so dass sie 3 Stunden nach dem Versuche wieder die Höhe von 3 Cub. Centim. in 10 Min. erreicht hatte.

2) Fistelhund V. Vierter Tag nach der Fisteloperation:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
23 St. —	0 C. Cm.	Fütterung.
40 Min.	1,2 »	
50 »	2,0 »	
60 »	2,0 »	
70 »	2,8 »	

Als dann der rechte Vagus blosgelegt und abgeschnürt wird, steht die Absonderung ganz still, kommt aber nach einer halben Stunde wieder zum Vorschein und ist nach Verlauf einer Stunde so weit wieder hergestellt, dass sie gemessen werden kann, und zwar:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
130 Min.	0,6 C. Cm.	
140 »	0,6 »	
150 »	0,6 »	
160 »	1,0 »	
170 »	0,8 »	

5. Tag:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
16 St. —	0,0 C. Cm.	Fütterung.
30 Min.	1,6 »	
40 »	1,4 »	
50 »	1,2 »	
60 »	1,2 »	
70 »	1,2 »	
80 »	1,2 »	

Der gestern abgeschnürte rechte Vagus wird oberhalb der Unterbindungsstelle durchschnitten und der linke Vagus blosgelegt; bald darauf die Absonderung beobachtet:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
130 Min.	0,4 C. Cm.	
140 »	0,4 »	
150 »	1,6 »	
160 »	1,2 »	
170 »	1,4 »	Reizung des linken Vagus.
180 »	0,0 »	
190 »	0,0 »	

Die Absonderung kehrt nicht wieder und das Thier wird am nächsten Tage todt gefunden.

3) Fistelhund III. Fünfter Tag nach der Operation:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
20 St. —	0,0 C. Cm.	Fütterung.
30 Min.	1,0 »	
40 »	1,8 »	
50 »	1,6 »	
60 »	1,6 »	
70 »	1,6 »	
80 »	1,2 »	

Es wird auf der rechten Seite des Halses der Vagus aufgesucht, derselbe aber noch nicht blosgelegt. Die Absonderung verhält sich darauf, wie folgt:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
130 Min.	1,4 C. Cm.	
140 »	1,0 »	Der Vagus wird isolirt und durchschnitten.
150 »	1,2 »	
180 »	0,6 »	
190 »	0,6 »	
200 »	0,4 »	
210 »	0,4 »	Während dieser 20 Min. wird der peripherische Vagusstumpf wiederholt bis Eintritt von Herzstillstand gereizt.
220 »	0,4 »	

6. Tag:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
15 St. —	0,0 C. Cm.	
30 Min.	2,0 »	
40 »	1,6 »	
50 »	2,0 »	
60 »	1,6 »	

Der centrale Stumpf des gestern durchschnittenen Vagus wird isolirt.

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
110 Min.	0,8 C. Cm.	
120 »	0,8 »	
130 »	0,8 »	
140 »	0,0 »	Reizung des centr. Vagusstumpfes bis Erbrechen eintritt.
150 »	0,4 »	
160 »	0,6 »	

Diese Versuche ergeben übereinstimmend das Resultat, dass die centripetale Reizung des Vagus eine hemmende Wirkung auf die Bauchspeichelsecretion ausübt; diese Hemmung ist eine vollkommne und beschränkt sich nicht auf die Zeit der Reizung. Centripetale Reizung, so wie Durchschneidung eines Vagus, übt keinen bemerkbaren Einfluss auf die Pankreassecretion. (Die bald nach der Durchschneidung oder Abschnürung des Nerven eintretende Verlangsamung der Secretion ist keine bleibende und erklärt sich durch die bei der Isolirung des Nerven nicht zu vermeidende mechanische Reizung.)

Es ist höchst wahrscheinlich, dass der Secretionsstillstand während des Erbrechens und die nach künstlicher Reizung des Vagus eintretende Secretionshemmung auf ein und demselben (durch das Rückenmark und den Sympathicus bedingten) reflectorischen Vorgange beruht. Im ersten Falle geht die Erregung des Vagus von seinen peripherischen Endigungen in der Magenschleimhaut aus.

Andererseits steht es fest, dass Reizung der Magenschleimhaut (durch eingebrachte Speisen etc.) die Secretion des Bauchspeichels anregt. Es machen sich also vom Magen aus zwei einander gerade entgegengesetzte Einflüsse auf die Thätigkeit der Bauchspeicheldrüse geltend: ein secretionsanregender und ein secretionshemmender. Man wird darin keinen Widerspruch finden, dass die Reizung der Magenschleimhaut in dem einen Falle eine, in dem andern die entgegengesetzte Wirkung zur Folge hat, wenn man bedenkt, dass ja auch nicht jeder die Magenschleimhaut treffende Reiz Erbrechen hervorruft und dass nur

ein gewisser Theil der Mageoschleimhaut mit dieser Reaction behaftet ist. Man kann sich u. A. denken, dass die Vagusfasern, deren Erregung secretionshemmend wirkt, der Pars cardiaca angehören, welche ja auch in besonderer Beziehung zum Erbrechen steht, während die übrige Magenschleimhaut oder irgend ein Theil derselben Fasern besitzt deren Erregung, ebenfalls reflectorisch, die Bauchspeichelsecretion anregt.

Jedenfalls wird man sich die Bauchspeichelsecretion als unter dem Einflusse zweierlei Nervenfasern denken müssen, anregender und hemmender. Es schien daher geboten, die Nervenfasern, welche sich zum Pankreas begeben, direkt auf ihre Wirkungen zu prüfen. Ich musste aber von direkten Reizversuchen abstehn, weil schon die blosse Eröffnung der Bauchhöhle einen fast vollständigen Stillstand der Pankreassecretion zur Folge hat. Ich musste mich daher auf die sogleich anzuführenden Durchschneidungsversuche beschränken.

Die Nerven der Bauchspeicheldrüse begleiten ausschliesslich die Arterien. Weder mit den Venen, noch mit den Ausführungsgängen habe ich irgend welche Nervenästchen in die Drüse eindringen sehen. Entsprechend der Theilung des Hundepankreas in einen transversalen (der kleinen Curvatur entlang bis an die Milz reichenden) und einen longitudinalen (dem Zwölffingerdarm entlang gelegenen) Lappen, theilt sich auch die Arterie, ein Ast der Pankreatico-Duodenalis, in einen obern und untern Zweig, welche sich dann in der Drüse weiter verzweigen. Die Nervenästchen halten sich auch im Innern der Drüse an die Verzweigungen der Arterien und enthalten häufig eingestreute mikroskopische Ganglienhaufen. Grössere, mit blossem Auge wahrnehmbare Ganglien habe ich an ihnen blos ausserhalb der Drüse gefunden. Hier stehen die Nerven welche sich zum Pankreas begeben mit dem Plexus hepaticus und gastricus in Verbindung und lassen sich leicht durch den Plexus coeliacus hindurch bis an die Splanchnici und Vagi verfolgen.

Ausser den Hauptdrüsenarterien treten noch einige kleinere Arterienästchen in das linke Ende des transversalen und in das hintere Ende des longitudinalen Lappen, ebenfalls in Begleitung von Nervenästchen.

Bei diesen anatomischen Verhältnissen ist an die Durchschneidung sämmtlicher Drüsennerven nicht zu denken. Ebensowenig aber wird man an die isolirte Durchschneidung einzelner Nerven-

stämmchen denken, da dieselben anatomisch nicht isolirt sind, sondern häufig mit einander Verbindungen eingehen und gewissermassen Geflechte um die sie begleitenden Arterien bilden. Ich musste mich also bescheiden, die die Hauptarterie begleitenden Nerven *en masse* zu durchschneiden und die Folgen dieser Durchschneidung auf die Bauchspeichelabsonderung zu beobachten.

Die Operation wurde auf folgende Weise ausgeführt. Der Schnitt wurde ganz wie zur Anlegung einer gewöhnlichen Bauchspeichelfistel in der Mittellinie des Bauches geführt. Durch die Wunde wurde der Zwölffingerdarm hervorgeholt, mit möglicher Vermeidung von Druck und Zerrung des Pankreas bis etwas über die Einmündung des Gallenganges hervorgezogen und durch eine provisorische Ligatur an den Wundrand befestigt. Die Pankreasarterie ist hier zwischen der Drüse und dem Darm nicht schwer zu finden. Schwieriger ist es, wegen der kaum zu vermeidenden Gefässverletzungen und Blutungen, die Nervenfäden aufzufinden, welche in mehreren Bündeln die Arterie umgeben. Diese Bündel wurden einzeln durchschnitten oder durchrissen und schliesslich nach der oben angegebenen Methode eine Fistel angelegt. Die ganze Operation nahm $1/2$—1 Stunde in Anspruch. [1])

Von zehn auf diese Weise operirten Thieren erlagen vier in den ersten drei Tagen den unmittelbaren Folgen der Operation. Von den übrigen 6 konnten 5 zur Beobachtung der Bauchspeichelsecretion benutzt werden, während einer wegen zu geringer Absonderung für die Beobachtung untauglich war. Ich hebe dies hier hervor, weil von den mit einfachen Fisteln (ohne Nervendurchschneidung) operirten Hunden fast die Hälfte wegen zu geringer Absonderung nicht benutzt werden konnte.

Ich gehe nun zur Beschreibung der betreffenden Versuche über:

VII. Einem 5550 Grm. wiegenden Hunde werden in der Morphiumnarkose die die Pankreasarterie begleitenden Nerven durchschnitten und eine Fistel angelegt. Der Hund ist schon

1) Es ist selbstverständlich, dass ich mich in allen Fällen durch die Obduction von der wirklichen mehr oder weniger vollständigen Durchschneidung der Nerven zu überzeugen suchte. Die Untersuchung geschah mit der grössten Vorsicht unter Salz- oder Zuckerlösung.

am nächsten Tage ziemlich munter, am dritten Tage nach der Operation verzehrt er mit Appetit vorgesetztes Fleisch; am vierten Tage kann er behufs der Beobachtung im Hängeapparat aufgestellt werden.

Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	Gewonnener Saft im Mittel auf 10 Min. berechnet.	Bemerkungen.
4.	16. St.	0,7 C.Cm.	Faserstoff wird vom Safte nicht verdaut.
»	17. »	0.4 »	
	Fütter.		
»	1. »	0,7 »	Faserstoff wird nicht verdaut.
»	2. »	0,8 »	
»	5. »	1,6 »	Der Saft verdaut Faserstoff in $2^1/_2$ St.
	Fütter.		
»	1. »	1,6 »	Faserstoff wird in 5 St. verdaut.
5.	19. »	0,5 »	Faserstoff wird in 5 St. verdaut.
»	1. »	0,9 »	Faserstoff in 8 St. verdaut.
»	2. »	2,2 »	Faserstoff in 4 St. verdaut.
»	4. »	1,4 »	Faserstoff in 4 St. verdaut.
»	5. »	0,8 »	
»	6. »	0,6 »	
	Fütter.		
»	1. »	1,7 »	Faserstoff in 4 St. verdaut.

Der Hund wird zu weitern Versuchen benutzt. Bei der Obduction stellt sich heraus, dass nicht alle Nerven durchschnitten waren.

VIII. Einem 10500 Grm. wiegenden Hunde wird ohne vorhergehende Narkotisation eine Pankreasfistel angelegt und dabei die die Pankreasarterie begleitenden Nerven durchschnitten. Das Thier giebt bei der Zerrung der Nerven deutliche Schmerzensäusserungen. Nach der Durchschneidung der Nerven erscheint das Pankreas stark geröthet und deutlich ödematös. Das Thier hat sich am vierten Tage vollständig erholt, frisst Fleisch und Milch, sondert aber noch wenig ab.

5. Tag. Obgleich der Hund seit sechszehn Stunden nichts gefressen hat, ist er ganz von Saft triefend. In den Hängeapparat gebracht, giebt er folgende Mengen Safts: [1])

[1]) Ich bringe hier die detaillirten Zahlen von 10 zu 10 Minuten, als Beleg dafür, dass die spontanen Schwankungen eben so bedeutend waren,

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Minuten abgesondert.	Bemerkungen.
16 St. — M.	4,5 C.Cm.	Im Mittel in 10 Min. = 4,2 C.Cm. Der Saft verdaut Faserstoff in 3 Stund.
» » 10 »	4,5 »	
» » 20 »	4,5 »	
» » 30 »	3,6 »	
» » 40 »	4,3 »	
Der Hund wird gefüttert. Drei Stunden darauf:		
3 St. — M.	6,2 C.Cm.	Im Mittel in 10 Min. = 5,6 C.Cm. Der Saft verdaut Faserstoff in 4 Stund.
» » 10 »	5,6 »	
» » 20 »	5,2 »	
» » 30 »	5,4 »	
6. Tag. Der Hund hungert 17 Stunden. Absonderung:		
17 St. — M.	6,2 C.Cm.	Im Mittel in 10 Min. = 5,3 C.Cm. Der Saft verdaut Faserstoff in 3 Stund.
» » 10 »	4,8 »	
» » 20 »	5,0 »	
Eine Stunde darauf:		
18 St. — M.	5,4 C.Cm.	Im Mittel in 10 Min. = 4,5 C.Cm.
» » 10 »	3,6 »	

Der Hund wird zu weitern Versuchen verwendet. — Bei der vier Tage darauf vorgenommenen Obduction hatte der Hund 2300 Grm., also über ein Fünftel seines Körpergewichtes an Gewicht verloren. In der Bauchhöhle keine Abscesse, das Pankreas geröthet und weich. Die Nerven an der Arterie sind alle mit Ausnahme eines einzigen Fädchens durchschnitten.

IX. Einem 9000 Grm. schweren Hunde werden ohne vorhergehende Narkotisation die die Pankreasarterie begleitenden Nerven durchschnitten und eine Pankreasfistel angelegt. Wegen Blutung müssen einige Gefässe unterbunden und die Ligaturen in der Bauchhöhle zurückgelassen werden. Das Pankreas, das vor der Operation blass gewesen war, erscheint vor Beendigung der Operation stark geröthet. Das Thier hat sich am dritten Tage schon ziemlich erholt und kann vom folgenden Tage ab beobachtet werden.

---

wie bei den unten anzuführenden am selben Thiere gemachten Reizversuchen.

Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	Gewonnener Saft im Mittel auf 10 Min. berechnet.	Bemerkungen.
4.	1.	0,8	
»	2.	1,0	
»	3.	1,3	
»	5.	1,5	
5.	15.	1,2	
	Fütter.		
»	1.	0,6	
6.	2.	6,5	
»	3.	2,8	

Der am 6. Tage gewonnene Saft ist etwas röthlich gefärbt. Am nächsten Tage ist das aus der Fistel kommende Sekret ganz blutig, der Hund ist matt und frisst nichts. Er wird umgebracht. Die Nerven sind alle durchschnitten mit Ausnahme eines dem transversalen Lappen zugehörigen Fädchens. Zwischen Leber, Pankreas und Zwölffingerdarm befinden sich drei Eiterheerde, von denen einer ganz nahe an der Fistelöffnung, aber nicht mit derselben communicirend.

X. Einem 6 Kilogramm wiegenden seit zwanzig Stunden fastenden Hunde werden ohne vorhergegangene Narkotisation die die Pankreasarterie begleitenden Nerven durchschnitten und eine Fistel angelegt. Die bei Eröffnung der Leibeshöhle blasse Drüse röthet sich während der Operation und wird ödematös. Zwei Gefässligaturen werden in der Bauchhöhle zurückgelassen.

Einen Tag nach der Operation zeigt sich ein Theil der Drüse aus der Wunde vorgefallen und kann nicht wieder zurückgebracht werden. Das Thier befindet sich aber wohl und kann schon am nächsten Tage zu Beobachtungen benutzt werden:

Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	Gewonnener Saft auf 10 Min. berechnet.	Bemerkungen.
3.	13.	1,3 C.Cm.	Der Saft verdaut keinen Faserstoff.
4.	13.	2,0 »	Der Saft verdaut Faserstoff in 2 St.
	Futter.		
»	1.	1,4 »	Der Saft verdaut Faserstoff in $^1/_2$ St.
5.	20.	2,5 »	Der Saft verdaut Faserstoff in 1 St.
»	1.	0,9* »	Der Saft verdaut Faserstoff in 1 St.
6.	17.	1,1 »	Der Saft verdaut Faserstoff in 2 St.

Der Hund frisst nichts, ist sehr matt und abgemagert und wird den Tag darauf todt gefunden. Bei der Obduction erscheint die Drüse geröthet, in der Nähe derselben ein kleiner Eiterheerd. Die Nerven scheinen alle durchschnitten zu sein.

In diesem wie in den vorhergehenden Fällen war die Absonderung constant geworden. Dies war schon daran zu erkennen, dass es unmöglich war, die Thiere trocken zu halten. Die ganze untere Bauchfläche bis weit über die Schenkel herab war beständig vom abfliessenden Safte durchnässt, die Haut erythematös geröthet und an mehreren Stellen wund gekratzt. Wie aus den angeführten und noch weiter anzuführenden Zahlen zu ersehen, hatte die Nahrungsaufnahme keinen beschleunigenden (in manchen Fällen sogar einen verlangsamenden) Einfluss auf die Absonderung. Dagegen war das Erbrechen immer noch von einer bedeutenden Verlangsamung begleitet, wie aus folgender Zahlenreihe zu ersehen ist, die sich auf die oben mit einem Sternchen bezeichnete Zahl bezieht, die eben wegen des eingetretenen Erbrechens so klein ausfiel:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Minuten abgesondert.	Bemerkungen.
10 Min.	0,9 C.Cm.	
20 »	0,9 »	
30 »	0,4 »	Erbrechen.
40 »	0,9 »	
50 »	0,9 »	
60 »	0,9 »	
70 »	1,0 »	

Diese Beobachtung ist nicht entscheidend. Man kann eine zufällige Coincidenz der Secretionsabnahme und des Erbrechens annehmen, oder auch, dass die unversehrt gebliebenen Nervenfäden die Hemmung, wenn auch nur theilweise vermittelten. Um wenigstens die erste Annahme auszuschliessen, wiederholte ich die Vagusreizversuche an Fistelhunden mit durchschnittenen Pankreasnerven. Diese Versuche dienen eigentlich als Controlle der oben beschriebenen Vagusreizversuche an gewöhnlichen Fistelhunden. Ist die Auffassung des Secretionsstillstandes als einer reflectorischen Hemmung richtig, so dürfte nach

der Durchschneidung des grössten Theils der Pankreasnerven auf Reizung des Vagus kein Stillstand, höchstens eine Verlangsamung der Secretion eintreten.

Zu den Versuchen dienten die Hunde VII und VIII, nachdem bei ihnen die Secretion constant und ziemlich abundant geworden war, wie aus obigen Tabellen zu ersehen ist.

Fistelhund VII. Am 6. Tage nach der Fisteloperation wird der linke Vagus blosgelegt und durchschnitten. Sechs Stunden darauf, nachdem das Thier eben gefüttert worden war, verhält sich die Absonderung, wie folgt: [1])

Zeit nach der Fütterung.	Absonderung in 5 Minuten.	Absonderung in 10 Minuten.	Bemerkungen.
20 Min.	0,5 C.Cm.		
25 »	0,5 »	1,0 C.Cm.	
30 »	0,6 »		
35 »	0,6 »	1,2 »	
40 »	0,4 »		
45 »	0,2 »	0,6 »	
50 »	0,6 »		
55 »	0,4 »	1,0 »	
60 »	0,4 »		Während dieser 5 Minuten wird der centrale Vagusstumpf zu wiederholten Malen mit dem Inductionsapparat gereizt, bis Brechbewegungen eintreten.
65 »	0,4 »	0,8 »	
70 »	0,4 »		
75 »	0,4 »	0,8 »	
80 »	0,6 »		
85 »	0,4 »	1,0 »	
90 »	0,6 »		
95 »	0,4 »	1,0 »	
100 »	0,6 »		Der centrale Vagusstumpf wird $1\frac{1}{2}$ Minute lang gereizt, bis Brechbewegungen eintreten.
105 »	0,8 »	1,4 »	
110 »	1,0 »		
115 »	1,0 »	2,0 »	
120 »	0,6 »		

In diesem Versuche war also nicht einmal eine deutliche Verlangsamung eingetreten, während in den oben angeführten Versuchen constant ein vollständiger Stillstand eintrat, der 20 bis 30 Minuten die Reizung überdauerte.

1) In diesem wie im folgenden Versuch habe ich die Flüssigkeit von 5 zu 5 Minuten abgelesen, um nicht einen vielleicht nur fünf Minuten anhaltenden Stillstand zu übersehen.



Fistelhund VIII. Am 6. Tage nach der Fisteloperation wird der linke Vagus blosgelegt und dem Hund Futter vorgelegt, von dem er aber nicht viel isst. Die Absonderung verhält sich wie folgt:

Zeit nach der Fütterung.	Absonderung in 5 Minuten.	Absonderung in 10 Minuten.	Bemerkungen.
10 Min.	0,4 C.Cm.		
15 »	0,4 »	0,8 C.Cm.	
20 »	0,5 »		
25 »	0,4 »	0,9 »	Der Vagus wird gereizt, bis Brechbewegungen eintreten.
30 »	0,4 »		
35 »	0,9 »	1,3 »	
40 »	1,1 »		
45 »	1,6 »	2,7 »	
50 »	1,4 »		
55 »	1,6 »	3,0 »	
Zwei Stunden darauf:			
190 »	1,6 »		
195 »	1,4 »	3,0 »	
200 »	1,6 »		
205 »	1,8 »	3,4 »	
210 »	2,0 »		
215 »	1,8 »	3,8 »	
220 »	0,7 »		Der Vagus wird gereizt bis zum Eintritt von Brechbewegungen.
225 »	1,0 »	1,7 »	
230 »	1,4 »		
235 »	0,7 »	2,1 »	
240 »	1,1 »		
245 »	0,7 »	1,8 »	
250 »	0,7 »		

Also auch hier war in einem Falle nach der Reizung eine Beschleunigung, im andern eine Verlangsamung der Secretion eingetreten; von Stillstand keine Spur. Mit der Durchschneidung der Pankreasnerven war also der hemmende Einfluss des Vagus aufgehoben. Es kann daher diese Hemmung nur als ein auf das Pankreas wirkender Reflex aufgefasst werden.

Obgleich ich, wie Eingangs bemerkt, nur geringen Werth auf die Totalmengen des gewonnenen Saftes lege, kann ich doch nicht umhin darauf aufmerksam zu machen, dass gerade bei den Thieren, an denen die Pankreasnerven durchschnitten waren, diese Totalmengen sehr bedeutend waren, obzwar die

Operationsmethode ausser der Nervendurchschneidung sich durch nichts von dem bei den andern Fistelhunden angewandten Verfahren unterschied. Ich will dies zwar nicht als Beweis gelten lassen, halte es aber für wahrscheinlich, dass das Pankreas, nachdem seine Verbindungen mit den hemmenden Nerven gelöst sind, überhaupt reichlicher absondert, als unter dem normalen Nerveneinfluss.

In allen den eben angeführten vier Versuchen ist nach der Nervendurchschneidung starke Röthung, in zweien ödematöse Anschwellung der Drüse beobachtet worden. Ich erlaube mir aber nicht diese Erscheinungen mit Bestimmtheit als Folgen der Nervendurchschneidung zu deuten. Die Drüse mag bei Eröffnung der Bauchhöhle noch so blass sein, immer wird sie in Folge des Luftzutrittes und der verschiedenen Manipulationen mehr oder weniger geröthet. Zwar ist mir die Röthung in diesen Fällen viel intensiver vorgekommen als bei Anlegung gewöhnlicher Pankreasfisteln; aber die Operation ist auch eine complicirtere und nimmt mehr Zeit in Anspruch als jene. Eben so könnte man das Oedem, das mir sonst nicht vorgekommen ist, durch Einklemmung der Drüse oder durch Druck auf die Venen erklären.

Gewiss ist aber, dass die Circulationsverhältnisse in der Bauchspeicheldrüse verschieden sind, je nachdem diese sich in gesteigerter Thätigkeit oder im Zustande der Ruhe befindet. Beim hungernden Thiere ist das Pankreas weiss mit einem sehr leichten Stich in's Rothe; das Pankreas des verdauenden Thieres dagegen ist stark geröthet, und jedes Drüsenläppchen zeigt an der Oberfläche ein mit blossem Auge wahrnehmbares injicirtes Gefässnetz. Dieser Unterschied des Blutreichthums tritt sogar noch bei der mikroskopischen Untersuchung hervor. Das einem verdauenden Hunde entnommene Pankreas zeigt unter dem Mikroskope ein reichliches mit Blutkörperchen gefülltes Capillarnetz, während man am Pankreas von hungernden Hunden ohne vorhergegangene künstliche Injection nur mit Mühe die Capillaren unterscheiden kann. Wie bei andern absondernden Drüsen ist auch bei der Bauchspeicheldrüse die gesteigerte Thätigkeit von gesteigertem Blutandrang und Erweiterung der Capillaren begleitet und zum Theil auch bedingt.

Es lag nahe zu untersuchen, ob die Vagusreizung, deren hemmende Wirkung auf die Bauchspeichelsecretion wir eben

kennen gelernt hatten, eine entsprechende Wirkung auf die Blutfülle haben würde. Der Versuch bietet an und für sich keine besondern Schwierigkeiten. Das Pankreas wird einfach freigelegt und mit blossem Auge oder mit der Lupe beobachtet, während der Vagus gereizt wird. Doch konnte ich zu keinem sichern Resultate gelangen, weil schon die Freilegung des Pankreas an und für sich eine starke Röthung desselben zur Folge hat, die unmöglich von der physiologischen Injection zu unterscheiden ist. Ich habe diesen Versuch zweimal unternommen: an einem in der Verdauung begriffenen unvergifteten und an einem hungernden curarisirten Hunde. Beim ersten war die Drüse gleich nach Eröffnung der Bauchhöhle ziemlich gleichmässig geröthet und nahm während der ersten, von keinen Brechbewegungen gefolgten Reizung des Vagus ein marmorirtes Aussehen an. Die folgenden Reizungen brachten Brechbewegungen hervor, während welcher die Drüse sich stärker zu röthen schien, um nach der Reizung wieder blässer zu werden. Ob sie auch im Vergleich mit der ursprünglichen Nüance blässer wurde, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen. Das während der Brechbewegungen beobachtete Dunklerwerden der Drüse braucht keineswegs auf die Vagusreizung bezogen zu werden, es erklärt sich durch die begleitende Respirations- und Circulationsstörung.

Beim zweiten curarisirten Hunde, welcher seit zwanzig Stunden nicht gefüttert worden war, war die Drüse ursprünglich blass, aber jeder aus der Wunde gezogene Theil derselben röthete sich zusehends, bevor noch etwas am Thiere vorgenommen wurde, so dass jedes neu hervorgeholte Stück sehr auffallend durch seine Blässe von dem früher vorgelegenen abstach. Wenn in meinen auf diesen Versuch bezüglichen Notizen ein unbedeutendes Rötherwerden während der Vagusreizung angegeben ist, so kann dies unter solchen Umständen nicht als Folge der Reizung gedeutet werden. Blässerwerden der Drüse ist hier weder während noch nach der Reizung beobachtet worden.

Ein sichererer Weg, darüber in's Klare zu kommen, ob Reizung des Vagus die Bauchspeicheldrüse blutärmer mache, wäre vielleicht folgender: An einem in der Verdauung begriffenen Thiere (bei dem doch das Pankreas mit Bestimmtheit als blutreich vorausgesetzt werden darf,) den Vagus zu reizen und erst dann die Bauchhöhle zu eröffnen, um sich vom Zustande

der Drüse zu überzeugen. Ich habe diesen Versuch noch nicht ausgeführt.

III. Ueber die Wirkung des Curare auf die Bauchspeichelsecretion.

Ich habe auch einige Versuche über die Wirkung des Pfeilgiftes auf die Bauchspeichelsecretion angestellt. Der eigentliche Zweck dieser Versuche war nicht sowohl die Wirkung dieses Giftes kennen zu lernen, als an curarisirten Thieren geeignete Subjecte für die Untersuchung verschiedner Nerveneinflüsse auf die Pankreassecretion zu gewinnen. Ich ging nämlich von der Thatsache aus, dass bei curarisirten Thieren die Speichel- und Urinsecretion gesteigert ist. Würde das Pfeilgift dieselbe Wirkung auf die Bauchspeichelsecretion ausüben, so hätten wir darin ein Mittel an *ex tempore* hergestellten Pankreasfisteln die Secretionsschwankungen zu studiren. Dieser Zweck ist leider nicht erreicht worden, weil aus solchen Fisteln, sowohl bei vergifteten als bei unvergifteten Thieren, immer nur ganz kleine Quantitäten Saftes erhalten werden. Doch machte sich in den meisten Versuchen ein Steigen der Absonderung in Folge der Vergiftung bemerkbar.

Das Versuchsverfahren bestand darin, dass durch einen in der Mittellinie des Bauches geführten Schnitt Zwölffingerdarm und Pankreas hervorgeholt und in den untern Pankreasgang eine Canüle eingebunden wurde, deren freies Ende mit einer Glasröhre zur Aufnahme der Flüssigkeit in Verbindung stand. Die Eingeweide wurden dann reponirt, die Wunde zugenäht und von Zeit zu Zeit die Menge des abgesonderten Saftes vor und nach der Vergiftung an dem Röhrchen abgemessen. Ich theile hier diese Versuche mit:

XI. Bei einem in der Verdauung begriffenen mittelgrossen Hunde wird in den Pankreasgang eine Canüle eingebunden. Nachdem im Verlaufe einer Stunde kein Saft in der Canüle erscheint, wird der Hund mit Curare vergiftet und künstliche Respiration eingeleitet. Eine Viertelstunde darauf fängt die Flüssigkeit im Röhrchen merklich zu steigen an und zwar:

Zeit.	Höhe der Flüssigkeit.[1]	Bemerkungen.
9 U. 45 M.	0 Mm.	Operation.
10 » 45 »	0 »	Curareeinspritzung.
11 » 2 »	8 »	
» » 7 »	26 »	
» » 9 »	31 »	
» » 11 »	40 »	
» » 13 »	42 »	
» » 15 »	43 »	
» » 17 »	47 »	
» » 19 »	51 »	
» » 21 »	56 »	
» » 23 »	58 »	
» » 25 »	61 »	Starker Speichelfluss.
» » 27 »	65 »	
» » 29 »	67 »	
» » 31 »	69 »	
» » 33 »	70 »	
» » 35 »	71 »	
» » 37 »	73 »	
» » 39 »	76 »	
» » 41 »	79 »	
» » 43 »	82 »	
» » 45 »	84 »	

Also unvergiftet während einer Stunde abgesondert = 0,0 C.Cm.
curarisirt » » » » = 0,731 »

Darauf wurde zum zweiten Male eine Curarelösung injicirt; da aber die Flüssigkeit in den nächsten 15 Minuten nur um wenige Millimeter steigt und auch der Speichelfluss aufgehört hatte, wird die künstliche Respiration eingestellt.

Der gewonnene Saft war farblos, durchsichtig, sehr zäh, blasenbildend, stark alkalisch. Stärkekleister, mit einigen Tropfen versetzt, giebt in weniger als einer Minute die Zuckerreaction; trockner Blutfaserstoff wird bei 40° in 2 Stunden verflüssigt.

XII. Einem mittelgrossen seit 16 Stunden fastenden Hunde, dessen Pankreas bei Eröffnung der Bauchhöhle weiss aussieht, wird in den Pankreasgang eine Canüle eingebunden. Bei Eröffnung des Ganges ist ein Tropfen Saft zum Vorschein gekommen; nach vollendeter Operation aber ist während einer halben Stunde

1) Ein Millimeter des Röhrchens = 0,00874 Cub.-Centim.

keine Absonderung zu bemerken. Der Hund wird curarisirt und künstliche Respiration eingeleitet:

Zeit.	Höhe der Flüssigkeit.	Bemerkungen.
10 U. 10 M.	0 Mm.	Operation.
» » 40 »	0 »	Narkotisation.
» » 55 »	19 »	
11 » 7 »	34 »	
» » 10 »	36 »	
» » 13 »	41 »	
» » 16 »	42 »	
» » 19 »	43 »	
» » 22 »	44 »	Kein Speichelfluss.
» » 25 »	44 »	
» » 28 »	44 »	
» » 31 »	46 »	
» » 34 »	49 »	
» » 37 »	53 »	
» » 40 »	53 »	
» » 43 »	53 »	Wiederholte Curareinjection.
» » 46 »	54 »	
» » 49 »	56 »	
» » 52 »	59 »	
» » 55 »	65 »	
» » 58 »	67 »	Kein Speichelfluss.
12 » 1 »	70 »	
» » 4 »	74 »	
» » 7 »	77 »	
» » 10 »	79 »	

Da die Flüssigkeit nicht weiter steigt, wird der Hund durch Einstellung der künstlichen Respiration getödtet.

Vor der Narkotisation Absonderung während 30 Min. = 0,0 C.Cm.
Nach » » » » 90 » = 0,690 »

Der gewonnene Saft besitzt dieselben Eigenschaften wie im vorhergegangenen Versuche. Eine frische Blutfaserstoffflocke wird darin in einer halben Stunde aufgelöst.

XIII. Einem in der Verdauung begriffenen Hunde wird eine Cantüle in den Pankreasgang eingebunden. Das Pankreas ist stark injicirt. Nachdem das Röhrchen 15 Minuten lang leer geblieben war, wird der Hund mit Curare vergiftet. Es tritt starker Speichelfluss ein, aber die Bauchspeichelsecretion bleibt nach wie vor gleich Null, obgleich die Beobachtung anderthalb Stunden lang fortgesetzt wird.

XIV. Einem grossen seit 16 Stunden fastenden Hunde,

dessen Pankreas bei Eröffnung der Bauchhöhle weiss aussieht, wird eine Canüle in den Gang eingebunden. Während der ersten 40 Minuten nach der Operation ist keine Absonderung zu bemerken, worauf der Hund durch Einspritzung von Curare narkotisirt und künstliche Athmung eingeleitet wird. Sofort fängt die Flüssigkeit zu steigen an. In den folgenden 40 Minuten werden 0,594 Cub.-Cm., in den nächsten 20 Minuten fast ebensoviel Saft gewonnen. Da das Thier sich dann zu regen anfängt, wird die Curareinjection wiederholt, aber die Flüssigkeit steigt in den darauffolgenden 20 Minuten blos um wenige Millimeter.

Der gewonnene Saft verdaut einige frische Faserstoffflocken bei 40° in einer Stunde.

XV. Einem seit 23 Stunden fastenden Hunde, dessen Pankreas bei Eröffnung der Bauchhöhle weiss erscheint, wird eine Canüle in den Gang eingebunden. Die Canüle füllt sich ziemlich schnell und die Flüssigkeit im Röhrchen steigt mit folgender Geschwindigkeit:

Zeit.	Höhe der Flüssigkeit.	Bemerkungen.
10 U. 6 M.	17 Mm.	Zusammen in 16 Minuten 0,15 Cub.-Centim.
» » 10 »	23 »	
» » 14 »	27 »	
» » 18 »	31 »	
» » 22 »	34 »	

Der Hund wird mit Curare vergiftet, worauf die Flüssigkeit bedeutend schneller zu steigen anfängt:

Zeit.	Höhe der Flüssigkeit.	Bemerkungen.
10 U. 35 M.	11 Mm.	Mässiger Speichelfluss.
» » 39 »	24 »	
» » 43 »	56 »	
» » 47 »	66 »	
» » 51 »	74 »	
» » 55 »	80 »	
» » 59 »	83 »	
11 » 3 »	86 »	
» » 7 »	91 »	
» » 11 »	93 »	
» » 16 »	97 »	
In 40 Minuten = 0,75 Cub.-Centim.		

Der vor und nach der Narkotisation gewonnene Saft wird jeder für sich mit frischen Faserstoffflocken versetzt. Im ersten war der Faserstoff bereits nach einer halben Stunde verdaut, während der nach der Narkotisation gewonnene Saft eine ungefähr gleiche Menge Faserstoff erst in zwei Stunden verdaut hatte. —

Die Curarisirung hatte also in allen Fällen eine mehr oder weniger bedeutende Beschleunigung der Bauchspeichelsecretion zur Folge, mit Ausnahme des einzigen Falles (XII), in dem überhaupt keine Secretion zum Vorschein kam. Dass aus improvisirten Pankreasfisteln keine namhaften Mengen Bauchspeichel zu erhalten sind, ist längst bekannt. Die Bauchspeicheldrüse scheint eben für derartige Eingriffe zu empfindlich zu sein und fängt nicht eher wieder reichlich zu secerniren an, als bis sie sich vom Eingriffe wieder erholt hat. Merkwürdig ist es, dass in den eben angeführten Versuchen gerade von den hungernden Thieren grössere Mengen Saftes erhalten wurden, als von den in der Verdauung begriffenen. Die von den hungernden Thieren gelieferten Mengen sind vielleicht gerade so gross wie im normalen Zustande oder an constanten Fisteln, wo sie, wie wir gesehen haben, fast gleich Null sind. Am verdauenden Thiere aber wird durch den operativen Eingriff die gesteigerte Thätigkeit des Pankreas plötzlich fast ganz sistirt.

Ich habe es auch einmal versucht, am curarisirten Thiere an einer improvisirten Pankreasfistel den Einfluss der Nervenreizung und Nervendurchschneidung zu prüfen, aber — wie schon Eingangs erwähnt — ohne Erfolg. Die Absonderung war vor wie nach der Durchschneidung eines der Pankreasnerven unbedeutend und wurde auch durch die Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen Endes nicht merklich beeinflusst. Auch hier sah ich nach der Durchschneidung des Nerven die Drüse eine dunklere Färbung annehmen.

Zum Schlusse noch einige Bemerkungen über die Eigenschaften des Bauchspeichels.

Ich habe es nie unterlassen, das erhaltene Sekret auf seine

verdauenden Wirkungen zu prüfen. Unter was immer für Bedingungen es abgesondert war, von hungernden oder verdauenden, curarisirten oder nicht curarisirten Thieren, nach oder ohne Durchschneidung der Pankreasnerven: die saccharificirende Wirkung auf Stärkekleister blieb nie aus. Fast dasselbe war der Fall mit der Verdauung von Faserstoff. Mit Ausnahme von zweien Fällen (nach Nervendurchschneidung,) verdaute der Saft frischen Faserstoff in weniger als drei, getrockneten Faserstoff in weniger als fünf Stunden, ohne dass der leiseste Geruch nach Fäulniss sich eingestellt hätte. Am schnellsten verdaute der aus improvisirten Fisteln gewonnene Saft, am langsamsten der nach der Nervendurchschneidung secernirte, was übrigens leicht aus der verschiedenen Dichtigkeit der Sekrete zu erklären ist.

Gekochtes Hühnereiweiss widersteht der Einwirkung des Pankreassaftes viel länger als frischer und selbst getrockneter Blutfaserstoff. Es tritt Fäulniss ein, bevor noch die Verdauung zu Ende ist, ja noch bevor die scharfen Kanten der Eiweissstückchen angefressen werden. Um der Fäulniss vorzubeugen, goss ich nach vierstündiger Digestion die Flüssigkeit weg und ersetzte sie durch frischen Saft, worauf das Eiweiss nach abermals vierstündiger Digestion sich vollständig und ohne allen Geruch auflöste. Dasselbe war mit gekochtem Fleische der Fall. Dieses zerfällt bei der Digestion mit Pankreassaft sehr schnell in primäre Muskelfasern, die ziemlich lange unversehrt bleiben und sogar die Querstreifung beibehalten. Die Auflösung der Fasern erfolgt erst nach längerer Digestion. Wenn die Gewinnung des Pankreassaftes mit weniger Schwierigkeiten verbunden wäre, so liesse er sich vielleicht mit Vortheil zur mikroskopischen Untersuchung der Muskelfasern (sowie anderer durch Bindesubstanz zusammengehaltener faseriger Gewebe) verwerthen.

Die Auflösung der zu den Verdauungsversuchen genommenen Substanzen (mit Ausnahme des getrockneten Faserstoffes) ging immer ohne vorhergegangene Quellung vor sich. Die einzelnen Stücke erschienen an mehreren Stellen angefressen, zerfielen dann in einen feinen Brei, der sich nach und nach auflöste, so dass der eigentliche Zeitpunkt der Verflüssigung nie genau bestimmt werden konnte.

Der ziemlich allgemein verbreiteten Ansicht, dass der ausserhalb der Verdauungszeit abgesonderte Bauchspeichel auf Eiweisskörper unwirksam sei, muss ich auf Grund meiner Erfahrungen widersprechen. Es ist mir zwar nicht gelungen, von hungernden Fistelhunden hinreichende Mengen Bauchspeichels zu Verdauungsversuchen zu gewinnen; wohl aber war dies bei den Fistelhunden mit durchschnittenen Pankreasnerven, bei denen die Secretion constant geworden war, der Fall. Bei diesen konnte ich eben keinen Unterschied in der Wirkung des Saftes auf Faserstoff bemerken, mochte er vor oder nach der Nahrungsaufnahme abgesondert sein. Ebenso war der aus improvisirten Fisteln von hungernden Hunden gewonnene Saft sehr wirksam auf Faserstoff. Es kann also auch nicht von einer Ladung des Pankreas mit Verdauungsferment die Rede sein, wollte man nicht etwa annehmen, dass das Pankreas 20 Stunden und mehr nach jeder Mahlzeit geladen bleibe, in welchem Falle es freilich immer geladen wäre.

Wo ich über grössere Mengen Bauchspeichels verfügen konnte, benutzte ich dieselben zur Bestimmung des Gehaltes an festen Bestandtheilen. Ich habe an 50 solcher Bestimmungen ausgeführt, in denen der Gehalt an festen Bestandtheilen zwischen 1,68 und 5,39 Percent schwankte. In folgender Tabelle sind die darauf bezüglichen Zahlen nach der Absonderungsgeschwindigkeit für jedes einzelne Versuchsthier geordnet. Die erste Columne enthält die für eine Stunde berechnete abgesonderte (richtiger aufgefangene) Saftmenge in Cubiccentimetern, die zweite Columne — den Percentgehalt des Saftes an festen Bestandtheilen, die dritte — die für eine Stunde berechnete Menge von mit dem Safte ausgeschiedenem festen Stoffe in Grammen.

Versuchsthier.	Bauchspeichelmenge in 1 Stunde.	Gehalt an festen Bestandtheilen.	In einer Stunde abgesonderte feste Stoffe.
III.	3,00 C.Cm.	2,48 p. C.	0,074 Grm.
	3,78 »	2,37 »	0,090 »
	8,58 »	2,10 »	0,180 »
	9,12 »	1,90 »	0,173 »
	10,38 »	2,90 »	0,301 »

Versuchs-thier.	Bauchspeichelmenge in 1 Stunde.	Gehalt an festen Bestandtheilen.	In einer Stunde abgesonderte feste Stoffe.
IV.	2,76 C.Cm.	3,42 p. C.	0,094 Grm.
	5,58 »	4,92 »	0,274 »
	11,52 »	1,71 »	0,197 »
	17,58 »	2,22 »	0,389 »
	17,82 »	2,15 »	0,378 »
	21,96 »	1,82 »	0,399 »
	31,68 »	1,83 »	0,580 »
	32,40 »	1,65 »	0,535 »
	34,20 »	1,92 »	0,657 »
V.	4,26 »	3,63 »	0,155 »
	6,84 »	3,87 »	0,280 »
	7,20 »	2,26 »	0,163 »
	8,82 »	2,39 »	0,211 »
	10,02 »	2,07 »	0,211 »
	11,34 »	2,43 »	0,276 »
	11,52 »	2,18 »	0,251 »
	13,08 »	2,10 »	0,275 »
	14,76 »	1,82 »	0,269 »
VII.	2,82 »	4,71 »	0,129 »
Bei durch-	4,80 »	3,53 »	0,169 »
schnittenen	9,48 »	2,91 »	0,276 »
Pankreas-	9.60 »	2,60 »	0,250 »
nerven.	12,18 »	2,30 »	0,280 »
	13,26 »	2,26 »	0,300 »
VIII.	5,88 »	3,75 »	0,222 »
Bei durch-	7,44 »	2,33 »	0,178 »
schnittenen	26,34 »	1,68 »	0,442 »
Pankreas-	31,68 »	1,68 »	0,532 »
nerven.	33,00 »	1,67 »	0,551 »
IX.	3,72 »	4,42 »	0,164 »
Bei durch-	7,20 »	2,74 »	0,197 »
schnittenen	7,86 »	2,91 »	0,229 »
Pankreas-	9,00 »	2,45 »	0,221 »
nerven.	14,04 »	3,19 »	0,448 » [1]
	39,00 »	3,11 »	1,213 » [1]
X.	4,98 »	5,39 »	0,268 »
Bei durch-	6,84 »	3,32 »	0,227 »
schnittenen	10,98 »	3,47 »	0,381 »
Pankreas-	11,82 »	2,53 »	0,299 »
nerven.	15,36 »	2,35 »	0,361 »

1) Der Saft ist blutig gefärbt.

Im Allgemeinen enthalten diese Zahlen eine Bestätigung der Angaben von *Weinmann*, nach welchen der Gehalt an festen Bestandtheilen des Bauchspeichels in umgekehrtem Verhältnisse zu dessen Absonderungsgeschwindigkeit steht. Doch giebt es, wie eben diese Tabelle zeigt, ziemlich zahlreiche Ausnahmen von dieser Regel, die es wahrscheinlich machen, dass der Grad der Verdauung noch von anderen Umständen, als von der Absonderungsgrösse abhängt. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch dabei der Nerveneinfluss eine Rolle spielt. Wenigstens tritt die Abhängigkeit der Verdünnung von der Absonderungsgeschwindigkeit nach Durchschneidung der Pankreasnerven (bei Versuchsthier VII—X) viel deutlicher hervor, als bei den gewöhnlichen Fistelhunden (Versuchsthier III—V).

Was die absoluten Mengen der ausgeschiedenen festen Bestandtheile betrifft, so gilt für den Bauchspeichel dasselbe, was auch für die anderen Absonderungen feststeht, nämlich, dass, trotz der wachsenden Verdünnung, die Menge der ausgeschiedenen festen Bestandtheile mit der Absonderungsgeschwindigkeit wächst, wie aus der vierten Columne der Tabelle zu ersehen ist. Mit andern Worten, die Verdünnung wächst langsamer als die Absonderungsgeschwindigkeit. Bemerkenswerth und für den Mechanismus der Absonderung von Bedeutung ist es, dass der Gehalt an anorganischen Bestandtheilen nur sehr unbedeutenden Schwankungen unterworfen ist. Ich habe von 20 verschiedenen Proben den Gehalt an festen Bestandtheilen durch Trocknen und den Gehalt an anorganischen Bestandtheilen durch Glühen im Platintigel bestimmt; während der Percentgehalt an organischen Bestandtheilen zwischen 1,82 und 1,71 schwankte, schwankte der Gehalt an anorganischen festen Stoffen blos zwischen 0,72 und 0,99 p. C. In folgender Tabelle sind diese Zahlen ausführlich mitgetheilt:

Versuchsthier.	In einer Stunde abgesonderter Saft.	Totalgehalt an festen Bestandtheilen.	Gehalt an organischen Bestandtheilen.	Gehalt an anorganischen Bestandtheilen.
III.	3,00 C.Cm.	2,48 p. C.	1,65 p. C.	0,83 p. C.
	3,78 »	2,37 »	1,52 »	0,85 »
	8,58 »	2,10 »	1,42 »	0,88 »
	9,12 »	1,90 »	1,14 »	0,76 »
	10,83 »	2,90 »	1,63 »	0,97 »

Versuchs-thier.	In einer Stunde abgesonderter Saft.	Totalgehalt an festen Bestandtheilen.	Gehalt an organischen Bestandtheilen.	Gehalt an anorganischen Bestandtheilen.
V.	4,26 C.Cm.	3,63 p. C.	,73 p. C.	0,90 p. C.
	6,84 »	3,37 »	2,51 »	0,86 »
	7,20 »	2,26 »	1,54 »	0,72 »
	8,82 »	2,39 »	1,45 »	0,94 »
	10,02 »	2,07 »	1,35 »	0,72 »
	11,34 »	2,43 »	1,44 »	0,99 »
	11,52 »	2,18 »	1,46 »	0,72 »
	13,08 »	2,40 »	1,47 »	0,93 »
	14,76 »	1,82 «	1,03 »	0,79 »
VII. Bei durchschnittenen Pankreasnerven.	2,82 »	4,71 »	3,94 »	0,77 »
	4,80 »	3,53 »	2,72 »	0,81 »
	9,48 »	2,91 »	2,14 »	0,77 »
	9,60 »	2,60 »	1,68 »	0,92 »
	12,18 »	2,30 »	1,46 »	0,84 »
	13,26 »	2,26 »	1,26 »	0,90 »

Der Gehalt des Bauchspeichels an anorganischen Stoffen ist also unabhängig von der Absonderungsgeschwindigkeit und ist annähernd gleich dem Gehalte des Blutserums. Für den Mechanismus der Absonderung ist dies insofern von Wichtigkeit, als dadurch wahrscheinlich gemacht wird, dass hier eine Filtration des Blutwassers (mit seinen Salzen) vor sich geht, welches die in der Drüse producirten specifischen Sekretbestandtheile wegschwemmt. Dies ist gerade hier um so wahrscheinlicher, als die specifischen Bestandtheile des Bauchspeichels sonst nirgends aufgefunden werden, während sie in der Bauchspeicheldrüse selbst beständig in bedeutenden Quantitäten enthalten sind.

SITZUNG AM 24. APRIL 1869.

Carl Neumann, *Untersuchungen über die Bewegung eines Systems starrer Körper.*

Beliebig viele fortschreitende Geschwindigkeiten V und beliebig viele Winkelgeschwindigkeiten Ω, welche für ein und denselben starren Körper in simultaner Weise gegeben sind, lassen sich bekanntlich — welche Richtungen und Axen jene Geschwindigkeiten auch besitzen mögen — immer reduciren erstens auf eine einzige Winkelgeschwindigkeit ω, deren Axe durch einen willkührlich gegebenen Punct π geht, zweitens auf eine einzige fortschreitende Geschwindigkeit v.

Und zwar ist v identisch mit derjenigen Geschwindigkeit, welche der Punct π besitzen wird in Folge all' jener gegebenen Geschwindigkeiten V und Ω zusammengenommen; während andererseits ω identisch ist mit derjenigen Winkelgeschwindigkeit, zu welcher die gegebenen Winkelgeschwindigkeiten Ω sich zusammensetzen werden, sobald ihre Axen sich selber parallel nach π verschoben gedacht sind.

Setzt man voraus, dass zum Puncte π der Schwerpunct des Körpers gewählt ist, und bezeichnet man die durch den Schwerpunct gehenden Hauptaxen des Körpers mit 1, 2, 3, so lässt sich die augenblickliche lebendige Kraft T des Körpers vermittelst der resultirenden Geschwindigkeiten v und ω in folgender Weise ausdrücken:

$$T = \frac{mv^2 + \mathfrak{m}_1\omega_1^2 + \mathfrak{m}_2\omega_2^2 + \mathfrak{m}_3\omega_3^2}{2}.$$

Hier sind ω_1, ω_2, ω_3 die Componenten von ω nach den Axen 1, 2, 3; ferner sind $\mathfrak{m}_1$, $\mathfrak{m}_2$, $\mathfrak{m}_3$ die diesen Axen entspre-

chenden Trägheitsmomente des Körpers; endlich ist *m* die Masse des Körpers.

Eine Deduction dieser Sätze vermittelst geometrischer Methoden dürfte als ein Umweg zu bezeichnen sein; denn man würde dabei gezwungen sein, ausser den Geschwindigkeiten selber gleichzeitig auch in Betracht zu ziehen diejenigen Bewegungen, welche diesen Geschwindigkeiten, einzeln genommen, entsprechen. Auf mehr directem Wege (und zugleich wohl auch in mehr übersichtlicher Weise) kann man zu den Sätzen gelangen durch Anwendung naheliegender analytischer Methoden. — Ich habe mich im Vorstehenden bemüht, diesen Sätzen diejenige Fassung zu geben, in welcher sie, bei der Behandlung einer grossen Anzahl mechanischer Probleme, am bequemsten verwendbar sind. Handelt es sich nämlich (wie z. B. beim *Foucault*'schen Pendel oder beim *Fessel*'schen Rotationsapparat) um die Bewegung eines Systems starrer Körper, die durch irgend welche Angelpuncte oder Axen mit einander verbunden sind, so kann man mit Hülfe der vorstehenden Sätze die lebendige Kraft des Systems in einfachster Weise berechnen; und gelangt sodann, unter Anwendung des *Hamilton*'schen Princips, sofort zu den erforderlichen Differentialgleichungen. Ich habe zwei derartige Probleme, welche bisher wohl noch nicht behandelt sein dürften, einer näheren Untersuchung unterworfen; und beabsichtige die erhaltenen Resultate, welche mir nicht ohne Interesse zu sein scheinen, hier kurz mitzutheilen.

I.

Es sei gegeben ein gewöhnliches Pendel, welches unter dem Einfluss der Schwerkraft hin- und herschwingt um seine in festen Lagern ruhende horizontale Axe. Der pendelnde Körper ist von beliebiger Gestalt; in seinem Innern befinde sich ein Hohlraum; im Innern des Hohlraumes befindet sich ein homogener Revolutionskörper, dessen geometrische Axe durch eine starre Linie repräsentirt ist, deren Enden fest eingefügt sind in die innere Wandung des Hohlraumes; durch irgend welchen anfänglichen Stoss ist der Revolutionskörper um seine geometrische Axe in Rotation versetzt. Es soll der Einfluss untersucht

werden, den dieser rotirende innere Körper ausübt auf die Schwingungen des Pendels.

Bezeichnet man den Revolutionskörper kurzweg als Kern, und den übrigen Theil des Pendels als Schale, so lassen sich die Resultate meiner Untersuchung folgendermassen zusammenfassen.

1. Die Pendelschwingungen sind unabhängig von der anfänglichen Rotationsgeschwindigkeit des Kernes. Hingegen sind zu unterscheiden: der Fall des relativ festen, und der des relativ beweglichen Kernes. Im ersteren Fall sollen Schale und Kern mit einander verbunden gedacht werden zu einem einzigen starren Körper. Im letzteren Fall hingegen ist der Kern frei beweglich um seine geometrische Axe; seine anfängliche Winkelgeschwindigkeit entweder Null, oder von irgend welchem Werth.

2. Mag der Kern relativ fest oder relativ beweglich sein, das Gesetz der Pendelschwingungen wird immer denselben Charakter haben, und nur einen Unterschied zeigen hinsichtlich der in ihm enthaltenen Constanten. Denkt man sich nämlich den Kern zu Anfang relativ fest, und später erst relativ beweglich gemacht, so wird hiedurch in dem Gesetz der Pendelschwingungen eine Aenderung hervorgerufen werden von genau derselben Art und Grösse, als wäre das anfängliche Trägheitsmoment des Pendels vermindert um $\mathfrak{m}_1 \cos^2 k$. Dabei ist unter $\mathfrak{m}_1$ das Trägheitsmoment des Kerns um seine geometrische Axe, anderseits unter k derjenige Winkel zu verstehen, unter welchem diese Axe geneigt ist gegen die horizontale Pendelaxe. So z. B. ist, was sehr kleine Amplituden anbelangt, die Schwingungsdauer bei relativ festem Kern:

$$T_F = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{M}_x}{gMR}},$$

hingegen die bei relativ beweglichem Kern:

$$T_B = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{M}_x - \mathfrak{m}_1 \cos^2 k}{gMR}}.$$

Hier ist g die Intensität der Schwerkraft; M die Masse des ganzen Pendels (Schale und Kern zusammengenommen); R der Abstand, den der Schwerpunct der Masse M von der Pendelaxe hat; endlich $\mathfrak{M}_x$ das Trägheitsmoment von M in Bezug auf die Pendelaxe. (Die geometrische Axe des Kernes ist mit 1, andrer-

seits die horizontale Pendelaxe mit x bezeichnet zu denken; hieraus erklärt sich die Wahl der Indices bei m_1 und bei $\mathfrak{M}_x$.)

3. Ist die Masse der Schale verschwindend klein gegen die Masse des Kernes, und die geometrische Axe des Kernes parallel zur Pendelaxe, so werden die Pendelschwingungen, im Falle der relativen Beweglichkeit des Kernes, genau ebenso vor sich gehen, als wäre die ganze Masse des Pendels concentrirt in seinem Schwerpunct. Mit andern Worten: Wir haben in diesem Fall ein Pendel vor uns, dessen Schwingungs-Mittelpunct zusammenfällt mit dem Schwerpunct.

II.

In Bezug auf Gestalt und gegenseitige Verbindung der beiden Körper, welche im Vorhergehenden als Kern und Schale bezeichnet sind, mögen die schon gemachten Voraussetzungen beibehalten werden. An Stelle der horizontalen Pendelaxe soll aber gegenwärtig gegeben sein eine im Raume unbewegliche verticale Axe. Um diese soll die Schale frei beweglich sein; auch soll sie längs derselben empor- und hinabgleiten können. Ausserdem mag angenommen werden, dass die Schale auf ihrer oberen Seite begrenzt ist von einer ebenen horizontalen Fläche.

Schale und Kern mögen dem Einfluss der Schwerkraft unterworfen sein; sie mögen getragen werden durch eine Anzahl vertikaler Fäden, welche sämmtlich gleich weit von der vertikalen Axe entfernt sind. Die unteren Enden dieser Fäden sind angeheftet an der horizontalen Begrenzungsfläche der Schale, während die oberen Enden befestigt sind an einer gegebenen horizontalen Ebene, die unbeweglich im Raume ist.

So lange die Fäden vertikal sind, befindet sich die Schale im Gleichgewicht. Denken wir uns aber die Schale durch eine Drehung um die vertikale Axe aus jener Gleichgewichtslage abgelenkt, so gerathen die Fäden in geneigte Stellungen. Wird daher die Schale in einem solchen Augenblick sich selber überlassen, so wird sie unter dem Einfluss der Schwerkraft in Oscillationen gerathen, die verbunden sind mit einem abwech-

selnden Sinken und Steigen. — Diese Oscillationen sollen untersucht werden für den Fall des relativ festen, namentlich aber für den des relativ beweglichen Kernes.

Die Resultate, zu welchen man bei diesem Probleme gelangt, sind analog mit denen, die sich beim Probleme des Pendels ergeben; sie lauten:

1. Die Oscillationsbewegung des betrachteten Systemes ist völlig unabhängig von der anfänglichen Winkelgeschwindigkeit des Kernes.

2. Das Gesetz der Oscillationsbewegung ist bei relativ beweglichem Kern dasselbe wie bei relativ festem Kern. Genauer ausgedrückt, jenes Gesetz zeigt bei einem Vergleich der genannten beiden Fälle keinen Unterschied in seinem Charakter, sondern nur einen Unterschied hinsichtlich seiner Constanten. Denkt man sich nämlich den Kern zu Anfang relativ fest, und später erst relativ beweglich gemacht, so wird hiedurch in dem Gesetz der Oscillationsbewegung eine Aenderung hervorgerufen von genau derselben Art und Grösse, als wäre das anfängliche Trägheitsmoment des Systemes (in Bezug auf die vertikale Axe) vermindert worden um $\mathfrak{m}_1 \cos^2 k$. Dabei ist (ähnlich wie früher) unter $\mathfrak{m}_1$ das Trägheitsmoment des Kerns in Bezug auf seine geometrische Axe, und unter k derjenige Winkel zu verstehen, unter welchem diese Axe gegen die vertikale Axe geneigt ist.

3. Ist die Masse der Schale verschwindend klein gegen die des Kernes, und steht die Axe des Kernes vertikal, so werden die Oscillationsbewegungen, im Falle eines relativ beweglichen Kernes, genau ebenso vor sich gehen, als wäre die ganze Masse des betrachteten Systemes concentrirt in seinem Schwerpunct. — Hieraus erkennt man leicht, wie die Oscillationsbewegung sich gestalten wird, wenn zu den ebengenannten Voraussetzungen noch die hinzugefügt wird, dass die Axe des Kernes zusammenfallen soll mit der Oscillationsaxe. Man erkennt nämlich, dass der Schwerpunct des Kernes alsdann in genau derselben Weise hinabsinken wird, wie ein frei beweglicher von der Schwerkraft getriebener materieller Punct. Ferner erkennt man, dass diese Bewegung fortdauern wird bis zu dem Zeitaugenblick, wo der Schwerpunct seine (aus der Natur der Aufhängung sich ergebende) tiefste Stelle erreicht hat. Wie aber von diesem Augenblick

an die Bewegung sich weitergestalten wird, hängt wesentlich ab von der physischen Beschaffenheit des betrachteten Systems, und kann mathematisch nur dann untersucht werden, wenn über diese physische Beschaffenheit (namentlich über die Elasticität der Fäden) bestimmte Voraussetzungen zu Grunde gelegt sind. — Ist übrigens, um einen rein ideellen Fall zu betrachten, die Masse der Schale nicht nur verschwindend klein, sondern geradezu gleich Null, und sind gleichzeitig die Massen und die elastischen Kräfte der Fäden, welche bisher nur als verschwindend klein betrachtet wurden, ebenfalls gleich Null, so wird die Schale in jenem Augenblick, wo der Schwerpunct seine tiefste Stelle erreicht hat, völlig zur Ruhe kommen, während der Kern seine augenblickliche Winkelgeschwindigkeit für immer beibehält.

SITZUNG AM 8. MAI 1869.

P. A. Hansen, *Reflexionen über die Reduction der Winkel eines sphäroidischen Dreiecks von kleinen Seiten auf die Winkel des ebenen oder sphärischen Dreiecks von denselben Seiten.*

Ganz vor Kurzem theilte mir ein Freund die Nr. 1733 der »Astronomischen Nachrichten« mit, die mir sonst nicht zu Gesicht kommen. In dieser Nummer befindet sich ein Aufsatz über die Reduction der Winkel eines sphäroidischen Dreiecks mit kleinen Seiten auf die eines ebenen oder sphärischen von denselben Seiten. Der Verfasser dieses Aufsatzes leitet eine Formel für das auf einer unbestimmten Oberfläche liegende Dreieck in Vergleichung mit dem ebenen Dreieck ab, und derselbe Aufsatz enthält ausserdem eine Formel für das auf dem abgeplatteten Revolutionsellipsoid liegende Dreieck in Vergleichung mit dem sphärischen. Die Ausdrücke der Unzufriedenheit mit meinen desfallsigen Arbeiten, die der Verf. bei dieser Gelegenheit vorbringt, meine ich unbeachtet lassen zu können, aber es kommt in diesem Aufsatze eine andere Stelle vor, welche ich nicht mit Stillschweigen übergehen kann. Spalte 76 wird in Bezug auf das Revolutionsellipsoid gesagt, dass meine Formeln (Geodätische Untersuchungen pag. 189) durch die des Verf. ersetzt werden müssen.

Aus diesem Ausdruck kann sich die Ansicht entspinnen, dass meine Formeln fehlerhaft seien, denn wenn dieses nicht wäre, so wüsste ich nicht warum meine Formeln durch die des Verf. ersetzt werden m ü s s e n. Ich nahm mir daher vor die Formeln des Verf. zu prüfen, und fing die Prüfung damit an, dass ich sie auf die Probedreiecke anwandte, die ich meiner eben angezogenen Abhandlung einverleibt habe; Dreiecke, die an der Grenze der Anwendbarkeit der hier in Rede stehenden

Formeln liegen. Das Resultat war, dass die Formeln des Verf. grössere Unterschiede von den strengen Werthen der Winkel gaben als die meinigen, und es ergab sich hieraus ein Grund zur Fortsetzung der Prüfung. Da ich keine Lust hatte die sehr verwickelte, und noch dazu unvollständig angegebene, Ableitung des Verf. durchzugehen, so nahm ich eine Umformung meiner Formeln in die vom Verf. angewandte Form vor. Meine Formel für den Dreieckswinkel A, die ich zur leichteren Uebersicht der vorzunehmenden Umformung hier anführen will, ist

$$
\begin{aligned}
dA = & -\frac{\Delta\,(e^2+\frac{1}{2}e^4)}{12n^2}\left\{2\cos 2\alpha' + \cos 2\beta' + \cos 2\gamma')\right\} \\
& -\frac{\Delta\,e^4}{16\,n^2}\left\{2\cos^2 2\alpha' + \cos^2 2\beta' + \cos^2 2\gamma' - \frac{1}{3}\right\} \\
& +\frac{\Delta\,e^2}{2160n^4}\left\{29\,a^2 - 27b^2 - 27c^2\right\}\cos 2\alpha' \\
& -\frac{\Delta\,e^2}{4320n^4}\left\{11a^2 + 23\,b^2 + 31\,c^2\right\}\cos 2\beta' \\
& -\frac{\Delta\,e^2}{4320n^4}\left\{11\,a^2 + 31\,b^2 + 23\,c^2\right\}\cos 2\gamma' \\
& +\frac{\Delta\,e^2}{30n^4}\left\{a^2 + 2b^2 + 2c^2\right\}\sin^2\alpha' \\
& -\frac{\Delta\,e^2}{30n^4}\left\{3b^2\cos^2\chi' + 3c^2\cos^2\chi - 2bc\cos\chi\cos\chi'\right\}\cos^2\alpha' \\
& -\frac{2\Delta\,e^2}{135n^5}\left\{(a^2+11b^2-2c^2)\,b\cos\chi' + (a^2-2b^2+11c^2)\,c\cos\chi\right\}\sin\alpha'\cos\alpha'
\end{aligned}
$$

und es bedeuten a, b, c die Dreiecksseiten, α', β', γ' die reducirten Breiten der Dreieckspunkte A, B, C, oder der Scheitelpunkte dieser Winkel, χ und χ' die Azimuthe der Seiten c und b vom Punkte A aus, Δ die Fläche des Dreiecks, und e und n die Excentricität und die grosse Halbachse des Ellipsoids. Die Ausdrücke für δB und δC brauchen hier nicht angeführt zu werden.

Dass die Azimuthe aus den obigen Formeln eliminirt werden können, wird jeder wohl mit Leichtigkeit erkennen, auch habe ich sie in der That bei der Ableitung der Formeln eliminirt, weil ich dadurch eine neue Prüfung der Richtigkeit meiner Entwickelungen erlangte. Ich liess sie aber später stehen, weil durch ihre Beibehaltung die Formeln numerische Resultate gaben, die etwas genauer waren.

Aus dem ersten Abschnitte meiner oben angezogenen Abhandlung findet man leicht mit der hier erforderlichen Genauigkeit und in die oben angewandten Bezeichnungen übertragen, dass

$$nc \cos\chi \cos\alpha' = n^2 (\sin\alpha' - \sin\beta') - \tfrac{1}{3}c^2 \sin\alpha' - \tfrac{1}{6}c^2 \sin\beta'$$
$$nb \cos\chi' \cos\alpha' = n^2 (\sin\alpha' - \sin\gamma') - \tfrac{1}{3}b^2 \sin\alpha' - \tfrac{1}{6}b^2 \sin\gamma'$$

durch welche sich die Azimuthe aus dem obigen Ausdrucke für δA mit Leichtigkeit eliminiren lassen. Führt man die Elimination aus, so erhält man

$$\begin{aligned}
\delta A = &- \frac{\Delta (e^2 + \frac{1}{2} e^4)}{12 n^2} \left\{ 2 \cos 2\alpha' + \cos 2\beta' + \cos 2\gamma' \right\} \\
&- \frac{\Delta e^4}{16 n^2} \left\{ 2 \cos^2 2\alpha' + \cos^2 2\beta' + \cos^2 2\gamma' - \tfrac{4}{3} \right\} \\
&- \frac{\Delta e^2}{30 n^2} \left\{ 2 (\sin\alpha' - \sin\beta')^2 + 2 (\sin\alpha' - \sin\gamma')^2 + (\sin\beta' - \sin\gamma')^2 \right\} \\
&+ \frac{\Delta e^2}{2160 n^4} \left\{ 25 a^2 - 3 b^2 - 3 c^2 \right\} \cos 2\alpha' \\
&- \frac{\Delta e^2}{4320 n^4} \left\{ 11 a^2 + 23 b^2 - 11 c^2 \right\} \cos 2\beta' \\
&- \frac{\Delta e^2}{4320 n^4} \left\{ 11 a^2 - 11 b^2 + 23 c^2 \right\} \cos 2\gamma' \\
&+ \frac{\Delta e^2}{540 n^4} \left\{ a^2 - 15 b^2 - 15 c^2 \right\} \\
&+ \frac{\Delta e^2}{135 n^4} \left\{ 2 a^2 - b^2 + 16 c^2 \right\} \sin\alpha' \sin\beta' \\
&+ \frac{\Delta e^2}{135 n^4} \left\{ 2 a^2 + 16 b^2 - c^2 \right\} \sin\alpha' \sin\gamma' \\
&+ \frac{\Delta e^2}{90 n^4} \left\{ b^2 + c^2 \right\} \sin\beta' \sin\gamma'
\end{aligned}$$

Erwägt man nun, dass der folgende Ausdruck

$$p (\sin\alpha' - \sin\beta')^2 + q (\sin\alpha' - \sin\gamma')^2 + r (\sin\beta' - \sin\gamma')^2$$

wenn p, q, r von der $m$ten Ordnung sind, gewiss eine Grösse der $(m+2)$ten Ordnung ist, indem die Unterschiede der Sinusse der reducirten Breiten gewiss Grössen erster Ordnung sind, wenn die Dreiecksseiten solche Grössen sind, und setzt man

$$p = \frac{\Delta e^2}{270}(2a^2 - b^2 + 16c^2)$$

$$q = \frac{\Delta e^2}{270}(2a^2 + 16b^2 - c^2)$$

$$r = \frac{\Delta e^2}{180}(b^2 + c^2)$$

so wird nach der Substitution dieser Werthe in den vorstehenden Ausdruck im gegenwärtigen Falle

$$\begin{aligned} 0 = &- \frac{\Delta e^2}{540}(4a^2 + 15b^2 + 15c^2)\cos 2\alpha' \\ &- \frac{\Delta e^2}{1080}(4a^2 + b^2 + 35c^2)\cos 2\beta' \\ &- \frac{\Delta e^2}{1080}(4a^2 + 35b^2 + c^2)\cos 2\gamma' \\ &+ \frac{\Delta e^2}{540}(8a^2 + 33b^2 + 33c^2) \\ &- \frac{\Delta e^2}{135}(2a^2 - b^2 + 16c^2)\sin\alpha'\sin\beta' \\ &- \frac{\Delta e^2}{135}(2a^2 + 16b^2 - c^2)\sin\alpha'\sin\gamma' \\ &- \frac{\Delta e^2}{90}(b^2 + c^2)\sin\beta'\sin\gamma' \end{aligned}$$

da die Grössen achter Ordnung hier überhaupt übergangen werden. Addirt man aber diesen Ausdruck, nachdem er mit n^4 dividirt worden ist, zum vorstehenden für δA, so wird dieser

$$\begin{aligned} \delta A = &- \frac{\Delta(e^2 + \frac{1}{2}e^4)}{12n^2}\left\{2\cos 2\alpha' + \cos\beta' + \cos\gamma'\right\} \\ &- \frac{\Delta e^4}{16n^2}\left\{2\cos^2 2\alpha' + \cos^2 2\beta' + \cos^2 2\gamma' - \tfrac{4}{3}\right\} \\ &- \frac{\Delta e^2}{30n^2}\left\{2(\sin\alpha' - \sin\beta')^2 + 2(\sin\alpha' - \sin\gamma')^2 + (\sin\beta' - \sin\gamma')^2\right\} \\ &+ \frac{\Delta e^2}{240n^4}\left\{a^2 - 7b^2 - 7c^2\right\}\cos 2\alpha' \\ &- \frac{\Delta e^2}{480n^4}\left\{3a^2 + 3b^2 + 11c^2\right\}\cos 2\beta' \\ &- \frac{\Delta e^2}{480n^4}\left\{3a^2 + 11b^2 + 3c^2\right\}\cos 2\gamma' \\ &+ \frac{\Delta e^2}{60n^2}\left\{a^2 + 2b^2 + 2c^2\right\} \end{aligned}$$

Diese Formel ist mit der des angezogenen Aufsatzes identisch bis auf den Coefficienten des ersten Gliedes, in welchem dort $(e^2 + \frac{1}{4}e^4)$ steht, während oben $\frac{1}{8}e^4$ vorkommt. Ich glaube, dass der hier angegebene Ausdruck der richtige ist. Man sieht durch das Vorstehende, auf welche einfache Weise sich die Formel des Aufsatzes aus der meinigen ableiten lässt, und dass es daher der verwickelten Analyse, die dort angewandt worden ist, nicht bedurft hätte um sie zu erhalten. Die vorstehende Formel habe ich auch auf meine Probedreiecke angewandt, und die Unterschiede mit den wahren Werthen, die sie giebt, eher etwas grösser gefunden, wie die, welche die in meiner Abhandlung abgeleiteten Formeln geben. Ich habe daher gar keinen Grund zur Annahme der Behauptung, dass die in meiner Abhandlung entwickelten Formeln durch die des angezogenen Aufsatzes ersetzt werden müssen, um so weniger, da in den letzt genannten ein fehlerhafter Coefficient vorhanden ist.

Ich will übrigens nicht unbemerkt lassen, dass beide Formeln, nemlich die zunächst vorstehende und die, aus welcher ich sie hier abgeleitet habe, die Fehler im entgegengesetzten Sinne und ohngefähr einander gleich geben, und dass daher das arithmetische Mittel aus beiden ein weit genaueres Resultat geben muss als jede derselben für sich. Das arithmetische Mittel giebt

$$
\begin{aligned}
\delta.1 = &- \frac{\Delta(e^2 + \frac{1}{8}e^4)}{12n^2}\left\{2\cos 2\alpha' + \cos\beta' + \cos\gamma'\right\} \\
&- \frac{\Delta e^4}{16n^2}\left\{2\cos^2 2\alpha' + \cos^2 2\beta' + \cos^2 2\gamma' - \tfrac{4}{3}\right\} \\
&- \frac{\Delta e^2}{60n^2}\left\{2(\sin\alpha' - \sin\beta')^2 + 2(\sin\alpha' - \sin\gamma')^2 + (\sin\beta' - \sin\gamma')^2\right\} \\
&+ \frac{\Delta e^2}{2160n^4}\left\{a^4 - 9b^2 - 9c^2\right\}\cos 2\alpha' \\
&- \frac{\Delta e^2}{4320n^4}\left\{19a^2 + 25b^2 + 65c^2\right\}\cos 2\beta' \\
&- \frac{\Delta e^2}{4320n^4}\left\{19a^2 + 65b^2 + 25c^2\right\}\cos 2\gamma' \\
&+ \frac{\Delta e^2}{60n^4}\left\{a^2 + 2b^2 + 2c^2\right\} \\
&- \frac{\Delta e^2}{60n^4}\left\{3b^2\cos^2\chi' + 3c^2\cos\chi - 2bc\cos\chi\cos\chi'\right\}\cos^2\alpha' \\
&- \frac{\Delta e^2}{135n^3}\left\{(a^2 + 11b^2 - 2c^2)\,b\cos\chi' + (a^2 - 2b^2 + 11c^2)\cos\chi\right\}\sin\alpha'\cos a
\end{aligned}
$$

und diese Formel giebt ein weit genaueres Resultat wie die bisher bekannten. Man kann sie auch auf δB und δC anwenden, da es völlig einerlei ist, welchen Dreieckspunkt man mit A bezeichnet.

Ich kann noch viel weiter gehen. Da ich eben über dieses Thema schreibe, so will ich nicht unterlassen eine überraschend einfache Fundamentalformel für die Reduction der in Rede stehenden Winkel, die ich vor Kurzem gefunden habe, sogleich zu veröffentlichen. Diese ist die folgende:

$$\delta A = -\frac{\Delta}{120}\left\{2\alpha+\beta+\gamma\right\} - \frac{3\Delta}{40}\left\{2\delta+\beta_1+\gamma_1\right\} + \frac{\Delta\alpha^2}{180}\left\{2a^2-b^2-c^2\right\}$$

die die Reduction der Winkel eines auf unbestimmter Oberfläche liegenden Dreiecks auf die Winkel des ebenen Dreiecks giebt, bis auf Grössen sechster Ordnung richtig ist, und sich durch Vertauschung der Buchstaben auf δB und δC anwenden lässt.

Es sind hier wieder a, b, c die Dreiecksseiten, die als kleine Grössen erster Ordnung angenommen werden, und α, β, γ die Krümmungsmaasse in den Eckpunkten A, B, C des Dreiecks. Die Grössen δ, β_1, γ_1 bezeichnen auch Krümmungsmaasse, von welchen ich hier keine weiteren Erklärungen zu geben brauche, denn das Glied, welches sie enthält, kann auf die folgende Form gebracht werden:

$$+\frac{\Delta}{40}\left\{2(\alpha+\beta+\gamma-3\delta) + (2\alpha+\gamma-3\beta_1) + (2\alpha+\beta-3\gamma_1)\right\}$$

und die Verbindungen, in welchen sie hier mit den Krümmungsmaassen α, β, γ vorkommen, geben für den gegenwärtigen Zweck schon hinreichend zu erkennen, welchen Punkten des Dreiecks sie angehören. Ich habe diese Formel aus den Gleichungen meiner oben angezogenen Abhandlung »Geodätische Untersuchungen« ohne sonderliche Mühe abgeleitet, und ohne künstliche Betrachtungen einzuflechten. Die vollständige Ableitung derselben und ihre Anwendung auf das Revolutionsellipsoid mit kleiner Excentricität, in welchem Falle sie bis auf Grössen achter Ordnung genau wird, werde ich später geben.

Die sich auf die unbestimmte Oberfläche beziehende Formel des oft angezogenen Aufsatzes ist die folgende:

$$
\begin{aligned}
\delta A = & - \frac{\Delta}{12} \left\{ 2\alpha + \beta + \gamma \right\} \\
& + \frac{\Delta i_3}{120} \left\{ 2\frac{(\beta-\alpha)^2}{\lambda} + 2\frac{(\gamma-\alpha)^2}{\lambda} + \frac{(\beta-\gamma)^2}{\lambda} \right\} \\
& - \frac{\Delta}{120} \left\{ 2\frac{(\beta-\alpha)(\mu-\lambda)}{\lambda} + 2\frac{(\gamma-\alpha)(\nu-\lambda)}{\lambda} + \frac{(\beta-\gamma)(\mu-\nu)}{\lambda} \right\} \\
& - \frac{\Delta}{120} \, \frac{i_3\lambda - i_1}{\lambda} \left\{ a^2 + 2b^2 + 2c^2 \right\} \\
& - \frac{\Delta\alpha^2}{180} \left\{ b^2 + c^2 - 2a^2 \right\}
\end{aligned}
$$

die aber nach dem eigenen Ausspruch des Verf. nur bis auf Grössen fünfter Ordnung (excl.) richtig ist. In dieser Formel haben a, b, c, α, β, γ dieselbe Bedeutung, in welcher sie oben gebraucht worden sind. Die Functionen λ, μ, ν, i_3, i_1 sind in der Terminologie des Verf. Inflectenten, über deren Bedeutung ich nichts zu sagen weiss, sondern auf den Aufsatz selbst verweisen muss. Man sieht, dass diese Formel, obgleich sie nur bis auf Grössen fünfter Ordnung gelten soll, weit zusammengesetzter ist, als meine oben gegebene Formel, die bis auf Grössen sechster Ordnung richtig ist.

Es ist aber schon eine bis auf Grössen fünfter Ordnung richtige Formel vorhanden, die weit einfacher ist wie die oben angeführte des oft angezogenen Aufsatzes. Sie rührt von Herrn Schering her, und ist in den Göttinger Nachrichten vom 18. November vor. Jahres veröffentlicht. Sie lässt sich wie folgt schreiben:

$$
\begin{aligned}
\delta A = & - \frac{\Delta}{12} \left\{ 2\alpha + \beta + \gamma \right\} \\
& + \frac{\Delta}{30} \left\{ 4\alpha - 2\alpha_1 + 3\beta - 4\beta_1 + 3\gamma - 4\gamma_1 \right\} \\
& + \frac{\alpha^2}{180} \left\{ 2a^2 - b^2 - c^2 \right\}
\end{aligned}
$$

in welcher wieder a, b, c, α, β, γ dieselben Bedeutungen haben wie oben, und ausserdem α_1, β_1, γ_1 die Krümmungsmaasse in den Halbirungspunkten der Dreiecksseiten bezeichnen. Diese Formel hat einige Aehnlichkeit mit meiner oben gegebenen, die um eine Ordnung genauer ist, sie ist aber auch viel einfacher wie die oben angeführte des Verfassers des oft genannten Aufsatzes.

ÖFFENTLICHE SITZUNG AM 1. JULI 1869.

F. Zöllner, *Ueber Beobachtung von Protuberanzen*; Nachtrag zu der am 6. Februar d. J. mitgetheilten Abhandlung. Vorgelegt von *W. Scheibner*.

Nach meiner S. 70 dieser Berichte entwickelten Methode, welche ich wegen unvollendeter Aufstellung der Instrumente erst jetzt zur Anwendung bringen konnte [1], habe ich gegenwärtig mit grosser Schärfe und Deutlichkeit Protuberanzen beobachtet, deren Gestalt und allgemeiner Charakter durch die beifolgenden Zeichnungen veranschaulicht werden soll.

Der Natur der angewandten Methode gemäss wurde dieselbe Protuberanz gleichzeitig in drei verschiedenen Farben, den drei homogenen Linien ihres Spectrums entsprechend, beobachtet. Hierbei besteht jedoch ein wesentlicher Unterschied zwischen der rothen und blauen Figur einerseits, und der gelben andrerseits. Die letztere ist nur in unmittelbarer Nähe des Sonnenrandes sehr intensiv und mit den andern Figuren übereinstimmend, während in grösserem Abstande die feineren Details der Zeichnung verschwinden. Dieser Unterschied scheint nicht blos subjectiv durch die grössere Helligkeit des Spectrums in jener Gegend bedingt zu sein, sondern durch eine der beiden folgenden Annahmen erklärt werden zu müssen:

---

1) Nach einer vor Kurzem in den Proceedings of the Royal Society Nr. 109, 1869 veröffentlichten Notiz ist es auch Hrn. HUGGINS vermittelst einer andern Methode gelungen, die Umrisse eines protuberanzähnlichen Gebildes zu erkennen. Der Schluss dieser Notiz lautet: A more detailed account is not now given, as I think I shall be able to modify the method so as to make the outline of these objects more easily visible.

entweder, die Strahlen, welchen die gelbe Figur ihr Entstehen verdankt, gehen von einem specifisch schwereren und deshalb in geringerer Höhe als Wasserstoff befindlichen Gase aus,

oder, die in grösserer Nähe der Sonnenoberfläche gesteigerten Temperatur- und Druckverhältnisse des Wasserstoffs bedingen die Emission der betreffenden Strahlengattung.

Die erste Protuberanz, welche ich beobachtete, ist in Fig. 1 dargestellt. Ueber einer intensiv leuchtenden, kegelförmig vom Sonnenrande aufsteigenden Masse breitet sich ein wolkenartiges Gebilde von geringerer Intensität aus. Zu demselben Typus gehören die Protuberanzen Fig. 4 und Fig. 9.

In Fig. 4 war es auffallend, die überraschend schön entwickelte Cumulusgestalt der Wolke durch einen bedeutenden Zwischenraum vom Kegel getrennt zu sehen. Die Wolke war ausserordentlich zart und bis in die feinsten Details zu erkennen. Die einzelnen cumulusartigen Elemente, aus denen sich dieselbe zusammensetzte, erschienen fast wie mattleuchtende Punkte.

Eins der merkwürdigsten Gebilde war die zweite in Fig. 2 dargestellte Protuberanz. Ich traute meinen Augen kaum, als ich an derselben die züngelnde Bewegung einer Flamme wahrnahm. Diese Bewegung war jedoch im Verhältniss zur Flammengrösse langsamer, als die entsprechende Bewegung hoch auflodernder Flammen bei grossen Feuersbrünsten. Die Zeit, welche eine solche Flammenwelle zu ihrer Fortpflanzung von der Basis bis zur Spitze des Gebildes brauchte, betrug ungefähr 2 bis 3 Secunden. Ich habe mich an den folgenden Tagen bemüht, diese Beobachtungen durch Auffindung ähnlicher Gebilde zu verificiren, bin aber trotz eifrigen und andauernden Suchens nicht im Stande gewesen, den beabsichtigten Zweck zu erreichen.

Deshalb bitte ich, diese Beobachtung noch als eine näher zu bestätigende zu betrachten.

Von der grossen Schnelligkeit jedoch, mit welcher sich die Protuberanzen ihrer Form und Intensität nach verändern, geben die Abbildungen in Fig. 3, Fig. 6 und Fig. 10 interessante Beispiele. In diesen drei Figuren sind die verschiedenen Gestalten dargestellt, welche ein und dieselbe Protuberanz nach den darunter in mittlerer Leipziger Zeit angegebenen Intervallen annahm. Die in Bogensecunden darunter befindlichen Höhen be-

ziehen sich auf den [illegible] Protuberanz.

Die in Fig. 3 und Fig. [illegible] Protuberanzen sind gleichzeitig von Herrn [illegible] Sternwarte, beobachtet und [illegible] übereinstimmend gefunden worden.

Wenn es gestattet ist, den allgemeinen Charakter der bis jetzt von mir beobachteten Protuberanzen mit irdischen Erscheinungen zu vergleichen, so wird man bei der überwiegenden Mehrzahl derselben an die mannigfachen Formen unserer Wolken und Nebel erinnert. Der Cumulus-Typus ist in den bereits oben angedeuteten Fällen aufs Vollkommenste ausgeprägt. Ebenso erinnern andere Formen an Wolken- und Nebelmassen, welche sich dicht über Niederungen und Seen lagern, und in ihren oberen Theilen durch Luftströme bewegt und zerrissen, von hohen Berggipfeln betrachtet, dem Beschauer [illegible] wechselnden Formen darbieten.

Alle diejenigen, welche sich bis jetzt durch eigene Anschauung von dem Anblick der Protuberanzen in meinem Instrumente überzeugt haben, stimmen in ihrem Urtheil mit den angewandten Vergleiche bezüglich des allgemeinen Charakters der Protuberanzen im Wesentlichen überein.

Eine Ausnahme hiervon bildet die [illegible] Protuberanz Fig. 2. Beim Anblick der Protuberanzen Fig. 1, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 9, vielleicht auch Fig. 5, setzt man unwillkürlich den unter der Wolke befindlichen, steil vom Sonnenrande aufsteigenden Theil in ein Causalverhältniss zu der darüber befindlichen Wolke. Man wird an Eruptionserscheinungen der Vulkane und heissen Springquellen erinnert.

In Betreff der Deutlichkeit, mit welcher sich die Gebilde vom Grunde abheben, lässt die angewandte Methode nichts zu wünschen übrig. Selbst bei ganz niedrigem Stande der Sonne von nur wenigen Graden Höhe, treten die Contouren und Einzelheiten der Protuberanzen mit einer Deutlichkeit hervor, die alle Beobachter lebhaft überrascht hat.

Ich bin gegenwärtig damit beschäftigt, diese Methode derartig zu modificiren, dass das im blauen Theile des Spectrums gelegene Bild direct photographirt und auf diese Weise vervielfältigt werden kann.

Wenn es gelänge, sehr grosse Prismen von bedeutender

Zerstreuung herzustellen, und mit dem Instrumente ein vorzügliches Uhrwerk zu verbinden, so könnte man das Sonnenbild derartig abblenden, dass der Spalt des Spectroskopes ein ringförmiger würde. Man wäre dann im Stande, an den betreffenden Stellen des Spectrums alle am Sonnenrande vorhandenen Protuberanzen gleichzeitig wahrzunehmen, ganz wie bei einer totalen Sonnenfinsterniss von beliebiger Dauer.

Schliesslich sei mir noch gestattet, eine Beobachtung mitzutheilen, die einerseits zu merkwürdig erscheint, um sie unerwähnt zu lassen, andrerseits, falls sich ihre Erklärung bewähren sollte, von grosser Tragweite für die Erweiterung unserer Kenntniss der in der Nähe der Sonnenoberfläche stattfindenden Vorgänge werden könnte.

Schon am 27. Juni, dem ersten heiteren Tage nach anhaltend trüber Witterung, beobachtete ich die hellen Protuberanzlinien, ohne dass es mir schon an jenem Tage gelungen wäre, die Gebilde in ihrer ganzen Ausdehnung wahrzunehmen. Sobald ich mich jedoch mit dem Spalt des Spectroskopes einer gewissen Stelle des Sonnenrandes näherte, an welcher die Protuberanz-Linien besonders lang und hell hervortraten, durchzogen der ganzen Länge nach das Spectrum über dem Sonnenrande in 3 bis 4 Minuten Abstand von letzterem, helle, linienartige Blitze. Diese Blitze erstreckten sich über den ganzen im Gesichtsfelde befindlichen Theil des Spectrums und steigerten sich an einer bestimmten Stelle des Sonnenrandes zu einer solchen Häufigkeit, dass ein Eindruck entstand, als ob das ganze Spectrum von geradlinigen Funkenbahnen schnell aufeinanderfolgender elektrischer Entladungen durchzogen würde.

Herr Vogel, welcher später an diesen Beobachtungen auf kurze Zeit Theil nahm, machte an einer andern Stelle des Sonnenrandes, wo ebenfalls wieder Protuberanzlinien erschienen, dieselbe Wahrnehmung.

An den folgenden Tagen habe ich die erwähnte Beobachtung nur vereinzelt an einigen Stellen des Sonnenrandes wiederholen können.

Diese Erscheinung würde durch die Annahme erklärt werden, dass in der Nähe der Sonnenoberfläche sich kleine intensiv glühende Körper bewegen, die Strahlen aller Brechbarkeiten aussenden und daher beim Vorüberziehen ihres Bildes vor dem Spalt des Spectroskopes an den Durchgangsstellen das Aufblitzen eines fadenförmigen Spectrums bewirkten.

Fig. 3.

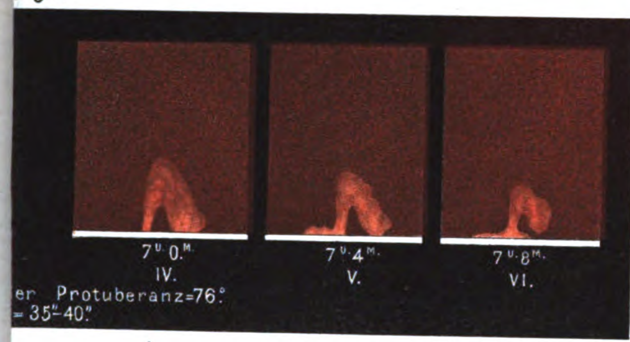


Fig. 6.

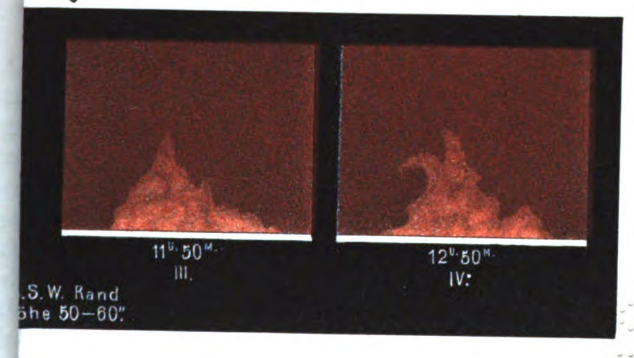
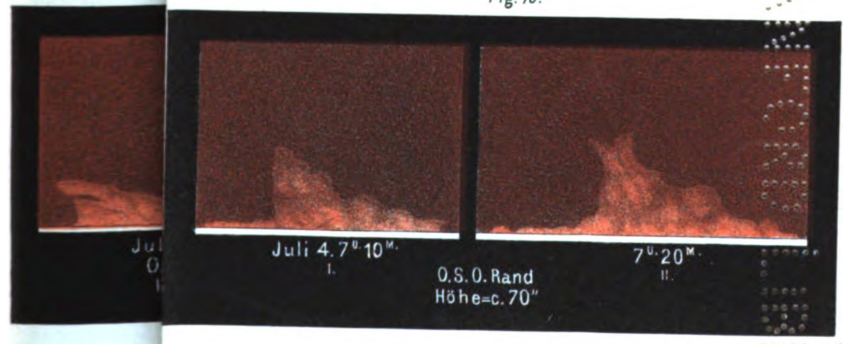


Fig. 10.



1" = 98,04 ...

F. Zöllner del.

Dr. J. J. Müller, *Ueber die Athmung in der Lunge.* Aus dem physiologischen Institute. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Die Lunge des lebenden Organismus charakterisirt eine stetige Vereinigung der innern und äussern Athmung; die Beobachtung am lebenden Thiere muss sich daher immer auf das combinirte Resultat beider Processe beziehen. Eine Trennung wird aber möglich bei der Erforschung der Vorgänge an der herausgeschnittenen, künstlich durchströmten Lunge.

In der That, hier ist die Möglichkeit sofort gegeben, die Function der Lunge aus dem Versuche auszuschliessen oder sie mit einzuführen. Im ersten Falle führt der Gaswechsel des durchströmenden Blutes zur Kenntniss eines neuen, für die Lehre von der Respiration wichtigen Vorganges. Bei der Einfachheit des Lungengewebes und der geringen Zahl der in ihm angehäuften chemischen Verbindungen gewinnt er eine allgemeine fundamentale Wichtigkeit in der Lehre von der Gewebeathmung, deren Thatsachen bis jetzt nur an den viel complicirter gebauten Geweben des Muskels und der Niere gewonnen sind. — Im zweiten Falle, dem vereinigten Vorgange der äussern und innern Athmung, wird es möglich den Gaswechsel für dasselbe Organ gleichzeitig im Blute und der Lungenluft zu erforschen und jeden als Function dieser Variabeln darzustellen. Weiter kann der Athmungsprocess in einer neuen Reihe fundamentalster Abhängigkeiten, in seinen Beziehungen zu Geschwindigkeit, Druck, Temperatur des Blutes festgestellt werden. Bei der hohen Wichtigkeit dieser Fragen für die Theorie der Respiration wird die Methode um so schätzbarer, als am lebenden Organismus die Beantwortung dieser Fragen nicht erreichbar ist; in ihm

führt die Aenderung jeder jener Variabeln zu einer Aenderung der Athmung aller Gewebe und damit zu einer höchst verwickelten Aenderung des Blutes.

Der angedeuteten Methode liegt die principielle Voraussetzung zu Grunde, dass sich die Lebenseigenschaften der Lunge unter dem Einflusse des durchströmenden Blutes während des Versuches erhalten. Gibt es also genügende Garantien hiefür? Eine der ersten anzuführenden Versuchsreihen zeigt, dass ein eigenthümlicher Gaswechsel während einer sehr langen Versuchsdauer sich in nahe vollkommener Constanz erhielt. Dies konnte allerdings nur auf der Erhaltung der normalen Eigenschaften des Gewebes beruhen. Directer noch besitzt man bekanntlich für die Lebenseigenschaften der Lunge ein Zeichen in der Contraction derselben beim Eintauchen in Eiswasser (*Traube*). Ich habe diese Probe nach jedem Versuche angestellt; sie fiel, wenn die Durchleitung des Blutes ununterbrochen fortgeführt worden war, stets im Sinne der Conservirung des Lebens aus. Electrische Reizungen, wodurch ich partielle Contractionen zu erzielen hoffte, führten dagegen weder an der ganz frischen, noch an der Lunge, die zum Versuche gedient hatte, zu einem Resultate. Aufzublasen war die Lunge nach dem Versuch immer vollständig.

Eine andere wesentliche Bedingung für die Möglichkeit, aus der Aenderung der Gase des Blutes, das die Lunge durchströmt hat, auf Lebensvorgänge in ihr zu schliessen, ist, dass die Lunge keine freie Säure enthält. Säuren führen, wie schon Herr *L. Meyer* [1]) nachwies und neuerdings die Herren *Pflüger* und *Zuntz* [2]) bestätigten, den Sauerstoff des Blutes in feste Verbindungen über, aus denen er bei der Entgasung nicht mehr gewonnen werden kann. Sie können somit gewisse Vorgänge vortäuschen, die gar keine Lebenserscheinungen sind. Nun reagirt die Lunge aber in der That alcalisch.[3]) Ich habe die Reaction an der ganz frischen Lunge und nach mehrstündigem Liegen derselben im Zimmer ohne Blutdurchleitung mit Sorgfalt geprüft, sie fiel beide Male in dem nämlichen angeführten Sinne aus.

1) *L. Meyer*, die Gase des Blutes. Zeitschr. f. rat. Med. VIII 256.

2) *Pflüger* u. *Zuntz*, Einfluss der Säuren auf die Gase des Blutes. Archiv f. Phys. I, 361.

3) *Kühne*, physiol. Chemie 442.



Ein fundamentales Bedenken für die weitere Verwerthung der Resultate solcher Durchleitungsversuche bleibt aber immer noch bestehen. Die Versuche am Muskel haben ergeben, dass »das kühle, arterielle, faserstofffreie, den Einwirkungen anderer thierischen Organe entzogene Blut anders wirkt, als das lebendige«. Es vermag im Muskel allerdings die Gruppe von Processen, welche die Reizbarkeit zur Folge hat, sehr lange zu erhalten, die Erhaltung seiner Leistungsfähigkeit ist aber immer eine recht beschränkte.[1]) Der herausgeschnittene Muskel entfernt sich auch bei der Durchströmung immer mehr von seinen wahren Lebensverhältnissen, er wirkt weniger energisch auf den Sauerstoff als der lebendige[2]) und das Verhältniss seines Sauerstoff-Verbrauches zur Kohlensäure-Bildung ist im ruhenden Zustande gerade das umgekehrte wie im Organismus.[3]) Die Leber sondert allerdings Galle ab[4]), die Niere aber niemals Harn.[5]) Wesentliche Unterschiede dieser Blutart von dem im Gefässsysteme kreisenden Blute sind also nicht zu verkennen, wie von anderer Seite auch Herr *Pflüger*[6]) hervorhebt. Allein die erzielten Verhältnisse kommen denen im lebenden Organismus wenigstens nahe und in dieser Annäherung liegen der Anhaltspuncte für weitere Erkenntniss und darum der Motive für die Befolgung dieser Methode hinreichende.

Damit ist einer sehr ausgedehnten Reihe von Versuchen das Feld geöffnet. Ich habe eine Anzahl solcher Versuche, die freilich von der grossen Mannigfaltigkeit der hier in Betracht kommenden Fragen nur einen Theil bilden, im Institute des Herrn Professor *Ludwig* ausgeführt. Der ganze Plan der Untersuchung ist eine Anregung meines hochverehrten Lehrers; ich bitte daher, die folgenden Versuche als eine Ausführung s e i n e r Ideen zu betrachten. Für die Unterstützung, die er mir darin zukommen liess, freue ich mich, ihm hier meinen wärmsten Dank aussprechen zu können.

---

1) *Ludwig* u. *Schmidt*, das Verhalten der Gase, welche mit dem Blute durch den reizbaren Säugethiermuskel strömen. Arbeiten aus der phys. Anst. zu Leipzig. III. 29.

2) l. c. 43, 44.

3) l. c. 55—60.

4) Arbeiten etc. III, 113.

5) Arbeiten etc. II, 114. III, 139.

6) *Pflüger*. Archiv f. Phys. I, 277.

I. Ueber die innere Athmung der Lunge.

Die Möglichkeit einer fruchtbaren Verwerthung der bezeichneten Methode für die Erforschung der Gewebeathmung der Lunge ist an die praktische Verwirklichung der Forderung geknüpft, dass durch den gesammten die Lunge begrenzenden Flächencomplex weder Kohlensäure aus dem Blute noch Sauerstoff in dasselbe trete. Diesen Gasbewegungen suchte ich dadurch vorzubeugen, dass ich die gänzlich zusammengefallene Lunge in einen luftdicht schliessenden Kautschukbeutel einschloss, welcher in innigste Berührung mit der Lungenoberfläche gebracht und durch Eintauchen des ganzen Apparates in Wasser in dieser Lage erhalten wurde. Um näher noch aus den jetzt noch vorhandenen kleinen Gasräumen eine Sauerstoff-Aufnahme zu verhüten, wurden jedesmal der Lungenraum wie die künstliche Pleurahöhle wiederholt mit reinem Stickstoff gefüllt. Bei dem letzten Zusammenfallen der Lunge und dem schliesslichen genauen Anlegen des Beutels an ihre Oberfläche konnten dann nur ganz minimale Mengen von Sauerstoff die Lunge noch umspülen. Zwei Manometer, in die Trachea und den künstlichen Pleuraraum eingesetzt, dienten zur Controle der Spannung der Gase in diesen Räumen. Die Unveränderlichkeit ihres Standes während der Versuche zeigte, dass, bis auf einen unten zu besprechenden kleinen Fehler, die Verhinderung der Diffusion wirklich erzielt war.

Das Gelingen des Versuches hängt weiter von der Möglichkeit ab, dass die Durchleitung des Blutes durch das pulmonale Gefässsystem ohne Blutung geschehe. In dieser Beziehung ist die Lunge ein unerwartet günstiges Object für die Untersuchung. Die zahlreichen Verbindungen der verschiedenen Gefässsysteme dieses Organes liessen Blutungen mehr als anderswo befürchten. An den Grenzen der Alveolen und Bronchien geht bekanntlich das pulmonale System in das bronchiale über und auf der Bronchialschleimhaut breiten sich Zweige der Pulmonalarterie aus; Zweige derselben zur Pleura sind wenigstens wahrscheinlich gemacht. Doch ist schon zu bemerken, dass aus den Capillarnetzen der feinen Bronchien auch Aeste der *V. pulmonalis* entspringen; ein Theil des hier eingetretenen Blutes kann also seinen Rückweg in die pulmonale Bahn finden. Ausserdem aber ist bei der Enge der Gefässe, dem vollständigen Zusammenfallen

der Lunge und (wie sich gleich zeigen wird) den kleinen Drücken ein totaler Verschluss der kleinen bronchialen Venen wohl möglich. So trat denn auch nie eine irgend erhebliche Blutung ein, wenn auch andererseits fast in keinem Versuche ein Blutaustritt gänzlich vermieden war. Einige Cubikcentimeter einer schwach roth gefärbten serumähnlichen Flüssigkeit waren bei der Oeffnung des Kautschukbeutels nach dem Versuche in der Mehrzahl der Fälle in ihm zu finden; sie machten jedoch in keinem der für die Resultate benützten Versuche mehr als 1 % der ganzen durchgegangenen Blutmenge aus. Im Lungenraume habe ich keine Spuren von Blutung bemerkt.

Die nähere Anordnung der Versuche zeigt Fig. 1 (S. 154). *L* stellt die in den Kautschukbeutel eingeschlossene Lunge dar. In ihre Gefässe und Trachea sind Canülen eingesetzt, welche zu ihrer Verbindung mit der an einem Stative befestigten metallenen Platte *P* dienen. Wie Fig. 2 schematisch andeutet, ist letztere zu diesem Zwecke mit einer Reihe sie durchdringender Röhrchen versehen, deren relative Lage derjenigen der Lungengefässe und Trachea entsprechend gewählt ist. *C* führt in die Trachea, hier wird ein Manometer *m* luftdicht eingesetzt. *a* ist das arterielle Zuflussröhrchen, $v\ v'\ v''$ deuten die Enden der venösen Bahn an. Von den letzten drei Röhrchen werden entweder nur eines oder alle drei benützt, je nachdem die beiden Lungen oder nur eine angewendet sind. Im ersten Falle ist die venöse Canüle in den linken Vorhof gesetzt, im letzteren werden die Canülen in die Pulmonalvenen direct eingefügt. Dort sind die nicht gebrauchten Röhrchen ($v'\ v''$) zu verschliessen, hier sind alle drei durch ein verzweigtes Glasrohr in eine Bahn zu vereinigen. *p* führt in den Zwischenraum zwischen Lunge und Beutel. Das Manometer, das hier eingesetzt wird, ist der Einfachheit der Zeichnung halber in Fig. 1 nicht wieder gegeben. — Der Beutel wird aus einem sich conisch verjüngenden Stücke und einer über einen metallenen Ring *R* gespannten Membran gebildet. Während das erste ein für alle Male luftdicht an den Rand der Platte *P* angelegt ist, wird die letztere erst, wenn die Lunge an *P* befestigt ist, mit dem untern Ende des conischen Mantels luftdicht verbunden. Einige metallene Stäbchen, welche an den Enden durch zwei dem Umfange der Platte *P* und des Ringes *R* entsprechende ringförmige Bänder vereinigt sind, dienen jetzt, passend angelegt, dazu, dem Ringe *R* mit

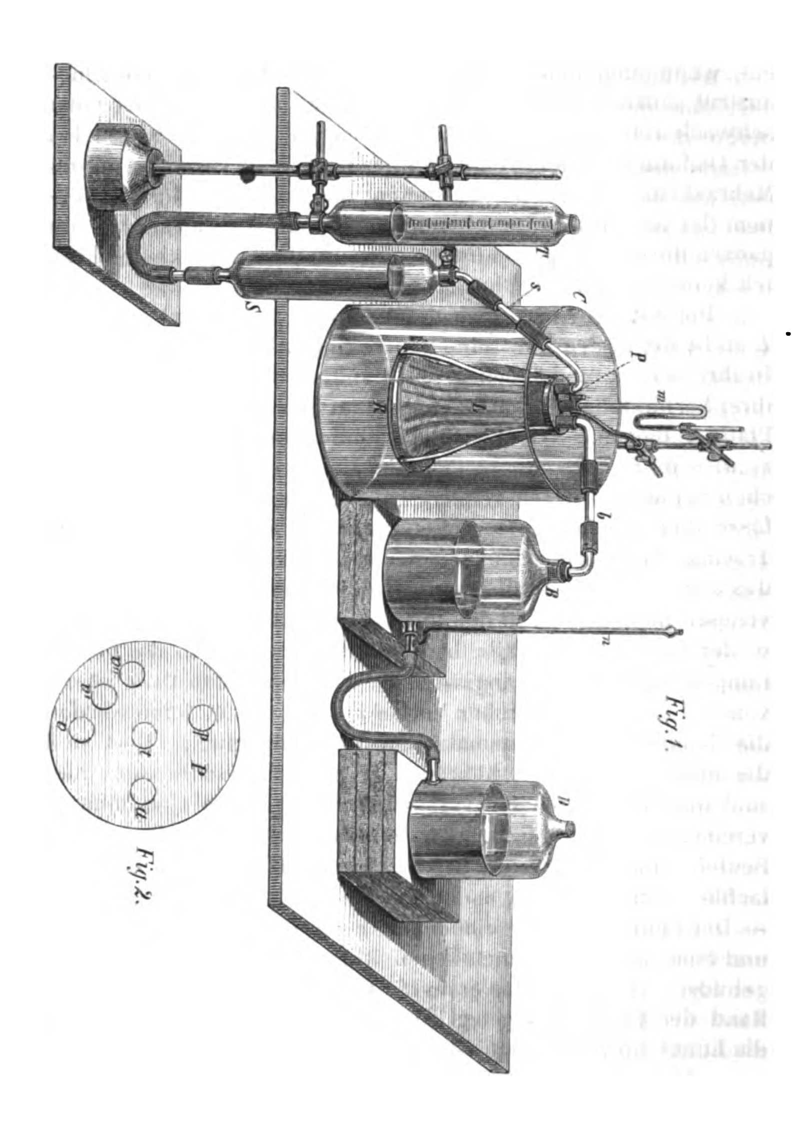


Fig. 1.

Fig. 2.

der Membran eine feste Lage zu geben. — *C* ist ein cylindrisches mit Wasser gefülltes Gefäss, welches die so eingehüllte Lunge aufnimmt.

Das mit der Manometerröhre *n* versehene Gefäss *B* enthält das Blut, welches für die Durchleitung bestimmt ist; es ist durch die Leitung *b*, die aus mehreren, durch Kautschuk verbundenen Glasröhrchen gebildet ist, mit dem arteriellen Röhrchen *a* und durch einen Kautschukschlauch mit dem Druckgefässe *D* verbunden. — Aus dem venösen Röhrchen *v* führt eine ähnlich wie *b* gebildete Leitung *s* zu dem calibrirten cylindrischen Sammelgefässe *S*, das, analog wie *B* mit *D*, mit einem zweiten Gefässe *T* verbunden ist. An der Leitung *s* ist eine (ebenfalls nicht gezeichnete) seitliche Röhre angebracht, welche für den Abfluss aller der nicht zur Analyse benützten Blutmengen bestimmt ist.

Der Mechanismus der Durchleitung ist nach dem Gesagten klar. Die Höhe des Quecksilbergefässes *D* bestimmt den für die gewünschte Geschwindigkeit erforderlichen Druck, der stets an dem Manometer *n* abgelesen wird. Sie soll allein für die Regelung der Geschwindigkeit dienen. Die Höhe von *D* muss dann immer so gewählt werden, dass die beiden Quecksilberniveaux in *T* und *S* zusammenfallen (der geringe Druck der in *S* vorhandenen Blutsäule mag meist vernachlässigt werden). Doch ist es manchmal gefordert, zu Gunsten bald dieser bald jener Röhre eine Druckdifferenz von 1—2 Millimetern Behufs einer vorübergehenden Beschleunigung oder Verzögerung der Durchflussgeschwindigkeit eintreten zu lassen.

Die Versuche sind alle an der Lunge von Hunden angestellt. Zuerst wurde immer das Blut in üblicher Weise [1]) aus der Carotis des Thieres gewonnen und nach der Defibrination in das Gefäss *B* eingeführt, wo es unter sorgfältigstem Luftabschluss bis zum Beginn der Durchleitung stehen blieb. Das Blut hatte während der Durchleitung immer die gewöhnliche Zimmertemperatur von 18—20°. — Hatte der geforderte Aderlass das Thier nicht erschöpft, so wurde jetzt von ihm auch die Lunge benützt; in einer Anzahl von Fällen jedoch lieferte sie ein zweites Thier. Nach der Tödtung des Thieres durch einen Stich in die *med. oblong.* und gänzlicher Verblutung wurden Lungen und

1) Arbeiten etc. II, 114. III, 9.

Herz möglichst rasch herausgenommen, Gefässe und Trachea passend isolirt, mit den bereit gehaltenen Canülen versehen und, nach Füllung der arteriellen Canüle mit Blut, das Präparat an die Platte *P* befestigt. Dann konnte gleich die Schliessung des Beutels geschehen, es folgte, nach der Einbindung der Manometer und dem Einsetzen in Wasser, die wiederholte Füllung und Entleerung der Alveolen und des pleuralen Raumes mit Stickstoff, endlich unter Verhütung aller Luftblasen die Verbindung mit den Gefässen *B* und *S*. Unmittelbar vor der letzteren wurde aus dem Gefäss *B* nach sorgfältigem Schütteln die Vergleichsprobe aufgefangen.

Jetzt konnte die Durchleitung beginnen. Vor dem Auffangen des durchgeströmten Blutes in dem Sammelgefässe *S* wird dabei passend immer eine gewisse Menge Blut durch die seitliche Ansatzröhre in *s* ohne weitere Verwendung ausfliessen. Es werden dadurch einzelne noch faserstoffhaltige Blutreste, die nachher bei der Gerinnung Verstopfungen erzeugen möchten, entfernt; man erzielt eine Erholung der Lunge, welche während der nicht unbeträchtlichen Zubereitungen vielleicht etwas gelitten hat; kleine noch übrig gebliebene Räume werden mit CO_2 gesättigt und man gewinnt die Kenntniss des geforderten Druckes zu einer Zeit, wo unvermeidliche Unregelmässigkeiten noch nicht störend wirken.

Die Geschwindigkeit der Durchleitung gelang es stets in vorzüglicher Constanz zu erhalten. Anfangs sind die geforderten Druckwerthe immer gering; mit der Versuchsdauer wachsen aber die Widerstände, meist mehr oder weniger regelmässig; wenigstens konnte ich keine auffallend unregelmässigen Schwankungen bemerken, wie sie beim Muskel erscheinen.[1]) Betrug der Druck Anfangs kaum mehr als 5 Mm, so stieg er gegen das Ende des Versuches allmälig auf 20—30 Mm. Diese Drücke dienen in den meisten Fällen zur Erzeugung einer während des ganzen Versuches constanten Geschwindigkeit von 2—3 Cubikcentimeter in der Minute. Doch kann durch entsprechende Erhöhung des Druckes mit Leichtigkeit eine viel grössere Geschwindigkeit, bis zu 20—30 Cubikcentimeter, in der Minute erzielt werden.

In den folgenden Versuchsreihen ist bisweilen eine recht

1) Arbeiten etc. III, 16.

beträchtliche Anzahl von Blutproben aufgefangen; ihre Auspumpung nahm eine Zeit in Anspruch, welche, auch wenn die Proben sofort bei 0° aufbewahrt wurden, für die von Herrn *A. Schmidt* beschriebenen Veränderungen[1]) wohl hinreichte. Ich beobachtete daher durchweg eine solche Anordnung, dass die eintretenden Veränderungen die Resultate des Versuches zu verkleinern suchten. Die Vergleichsprobe stand in Zimmertemperatur bis nach vollendetem Auffangen des durchgegangenen Blutes; dann wurden beide in Eis gestellt. Nach vollendetem Versuch begann ich die Auspumpung mit der durchgegangenen Probe. — Auspumpung und Analyse geschahen übrigens nach den bekannten Methoden dieses Institutes.[2])

1.

Der Fundamentalversuch, der sich zuerst der Ausführung darbot, war die Durchleitung von kühlem, O-haltigem, defibrinirtem Blute durch die Lunge.

Die erste charakteristische Erscheinung dabei ist, dass das hellroth arteriell einströmende Blut dunkel venös aus der Lunge heraustritt. Die Aenderung der Farbe ist immer deutlich, besonders auffallend aber, wenn die Geschwindigkeit der Durchleitung eine geringe gewesen war.

Schon dieser Farbenwechsel des Blutes weist auf eine bedeutende Aenderung in seinem Gasgehalte, des Näheren seiner O-Menge. Zwar kann bekanntlich die Farbe des Blutes direct nicht maassgebend für seinen Gasgehalt sein, insofern, wie Herr *Pflüger* nachweist, bei verschiedenen arteriellen Blutarten das dunklere den grösseren O-Gehalt besitzt; aber bei demselben Blute ist die Menge des O immer entscheidend für seine Farbe.[3])
Daraus folgt, dass das durch die Lunge geströmte Blut eine gewisse Menge seines O eingebüsst hat.

Die nähere Kenntniss der Vorgänge konnte erst die Analyse des Gasgehaltes vor und nach der Durchströmung, des »Arterien-« und »Venenblutes« geben. Für die Ableitung der Erscheinungen theile ich zunächst die Ergebnisse einer Anzahl

1) Arbeiten etc. II, 49. 51. 52.
2) Arbeiten etc. II, 33. 34. 119.
3) *Pflüger*, Archiv für Phys. I, 69—79.

Versuche mit. Sie sind nach der beschriebenen Methode gewonnen. Es waren beide Lungen angewendet, die venöse Canüle sass im Vorhof; die nähern Verhältnisse sind in den Tabellen mit enthalten. Die Geschwindigkeit bezieht sich auf die Minute, der Druck auf Quecksilber.

Tabelle I enthält die Resultate einer einmaligen Durchleitung; die Geschwindigkeit ist immer sehr klein.

I.

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
1.	Arterienbl.	15.32	20 74	1.62	2	15
	Venenbl.	13.94	21.75	2.23		
2.	Arterienbl.	18.49	21.26	1.52	2	15—20
	Venenbl.	16.84	22.78	2.32		
3.	Arterienbl.	16.61	19.31	1.68	2	7—10
	Venenbl.	14.92	20.22	1.92		
4.	Arterienbl.	14.28	20.02	1.44	3	5
	Venenbl.	11.47	21.47	1.88		

Tabelle II gibt die fractionirten Ergebnisse einer einmaligen Durchleitung. Hier flossen zwischen je zwei Auffangszeiten 10 Cmt. Blut in's Freie, ebenso viel wurden in dem Cylindergefässe *S* aufgefangen Das Arterienblut *a* ist zu Anfang, das mit *b* bezeichnete zu Ende des Versuches gewonnen. Die beiden letzten Proben konnten erst am Tage nach dem Versuche ausgepumpt werden; sie zeigen in Folge dessen einen zu geringen O-Gehalt und werden darum im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

II.

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
5.	Arterienbl.	17.42	16.91	0.65		
	Venenbl.	15.55	17.82	1.99	2	5—10
		15.69	18.08	2.15		10—15
		15.78	17.89	2.08		15—20
		15.18	17.86	2.06		15—20
	Arterienbl.	17.01	16.81	1.87		

Tabelle III endlich gibt die Resultate zweier Versuche mit grösseren Geschwindigkeiten und wiederholter Durchleitung desselben Blutes. Eine einzelne Durchleitung würde bei sehr grossen Geschwindigkeiten eine nur sehr geringe Aenderung im Gasgehalt hervorbringen, die analytischen Fehler würden daher hier relativ sehr gross. Andererseits konnte eine wiederholte Durchleitung in analoger Weise fractionirt werden wie die eben mitgetheilte und darum neue Vergleichspuncte bieten. Zur Erzielung der Wiederholung war der schon von Herrn *A. Schmidt* bei der Niere benützte Stromwender in ganz analoger Weise, wie es dort geschehen war, eingeschaltet.[1] Die Gefässe *S* und *T* waren durch ein dem Gefässpaar *B* und *D* ganz gleiches ersetzt; das Auffangen der Blutprobe geschah aus einem der Gefässe *B*. Diese Modification der Versuchsanordnung bedingt, dass die Durchflussgeschwindigkeit hier nicht in solcher Constanz erhalten werden konnte, wie es in den obigen Versuchen der Fall war. — Bei dem Venenblut ist je die Anzahl der Durchleitungen angedeutet.

III.

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
6.	Arterienbl.	14.49	16.61	1.81	12.3	45—55
	Venenbl. (2)	12.00	17.32	1.93		
7.	Arterienbl.	14.66	18.88	1.38	27	10—15
	Venenbl. (6)	11.01	20.18	1.23		
	Venenbl. (9)	9.49	21.10	1.82	24	

Aus diesen Tabellen ergeben sich zunächst unmittelbar die folgenden Sätze.

1) Wie aus der Farbenänderung des Blutes abgeleitet, erleidet der O-Gehalt des durchströmenden Blutes eine beträchtliche Verminderung. Dass diese Abnahme nicht etwa Folge anwesender Säuren sein kann, ist bei der schon hervorgehobenen Alcalescenz der Lungen klar. Die Lunge hat also das Vermögen, den O des Blutes in festere Verbindungen überzuführen. Im Versuche konnte keine Gelegenheit zur Aufnahme von O ge-

1) Arbeiten II, 117.

geben sein. Die numerischen Werthe der O-Abnahme, die ich für eine genauere Einsicht in die Art dieses Verbrauches hier zusammenstelle, sind daher bis auf die analytischen Fehler richtig.

No.	Absoluter O-Verbrauch in 100 Blut	Absoluter O-Verbrauch auf 100 O	O-Verbrauch in 1 Minute von 100 Blut	O-Verbrauch in 1 Minute auf 100 O	Geschw.
1.	1.38	9.01	0.028	0.180	2
2.	1.65	8.92	0.033	0.178	2
3.	1.69	10.17	0.034	0.203	2
4.	2.76	19.39	0.083	0.582	3
5.	1.87	10.73	0.037	0.215	2
	1.73	9.93	0.035	0.199	2
	1.64	9.41	0.033	0.188	2
6.	2.49	17.18	0.153	1.057	12.3
7.	3.65	24.90	0.164	1.121	27
	1.52	13.80	0.122	1.104	24

Die Zahlen dieser Tabelle sind zwar nicht unmittelbar mit einander zu vergleichen, da die von Versuch zu Versuch verschiedenen Eigenthümlichkeiten sowohl der Lungen als des Blutes wesentliche Verschiedenheiten bedingen konnten. Dies muss nicht nur von der grösseren oder geringeren Masse der Lungen gelten, sondern auch von dem Grade der Lebhaftigkeit ihrer Lebensprocesse in normaler Lage im Organismus und von der Vollkommenheit ihrer Conservirung bis zur eigentlichen Durchleitung. In analoger Weise kann der Gehalt des Blutes an diesen oder jenen leicht verbrennlichen Stoffen den grössten Einfluss haben. Vergleicht man aber zunächst in der Anzahl von Versuchen, die unter gleicher Durchflussgeschwindigkeit ausgeführt sind (2 Cbcmt.) die O-Mengen, welche 100 Cbcmt. Blut in einer Minute verbrauchen, so erreichen in Wirklichkeit die befürchteten Schwankungen nicht einmal den Werth 0.01. Die procentischen Mengen des in der Zeiteinheit verbrauchten O schwanken um nicht mehr als 0.04. — Eine eingehendere Discussion lässt nun des Näheren eine Gesetzmässigkeit der Zahlen nach zwei Richtungen erkennen.

Die Zahlen der Versuchsreihen 5 und 7, die je an derselben Lunge gewonnen sind, zeigen beide eine stetige Abnahme des O-Verbrauchs. Da sie nach der Zeit geordnet sind, während welcher die Lunge zum Versuche diente, so folgt daraus, dass

der O-Verbrauch, welchen das die herausgeschnittene Lunge durchströmende Blut erfährt, in einer gewissen Abnahme begriffen ist. Im Versuch 5 ist diese Abnahme eine sehr unbedeutende, im Versuch 7 fällt sie erheblicher aus, was mit der gleichzeitigen Verminderung des O-Gehaltes des Blutes zusammenhängen mag.

Ordnet man die Zahlen der Tabelle nach den Geschwindigkeiten, so zeigt sich, dass den grössten Werthen der letzteren ein sehr viel grösserer O-Verbrauch entspricht. Wäre nun in dieser Reihenfolge nichts geändert als eben die Geschwindigkeit, so könnte dies sofort als auf einem Causalzusammenhang beruhend aufgefasst werden. Es sind aber, da die Geschwindigkeiten verschiedenen Versuchen angehören, sowohl Lunge als Blut andere geworden, und es frägt sich daher, wie viel von jenen Unterschieden durch diese Aenderung bedingt sein konnte. Hier ergibt sich nun sofort, dass bei gleicher Geschwindigkeit die Differenzen des O-Verbrauches in den verschiedenen Versuchen sehr viel geringer sind als die Differenzen bei den verschiedenen Geschwindigkeiten. Wie schon hervorgehoben, erreichen jene auf die Zeiteinheit und 100 Cbcmt. Blut bezogen nie 0.01, diese halten sich immer über 0.1. Dies berechtigt zu dem Schlusse, dass analog wie beim Muskel[1]) mit der Stromgeschwindigkeit der O-Verbrauch wächst. — Zu diesem Satze würden Versuche mit Variation der Geschwindigkeit an demselben Präparate in analoger Weise wie sie die Herren *Ludwig* und *Schmidt* am Muskel ausführten, directer führen; doch ist bei dieser Methode die sehr geringe Grösse der Aenderungen im Gasgehalt wohl hervorzuheben, die auch hier eine mehrmalige Durchleitung des rascher strömenden Blutes verlangte.

Reducirt man den absoluten O-Verbrauch bei den wiederholten Durchleitungen unter grösserer Geschwindigkeit auf eine einmalige Durchleitung, so ergibt sich, dass das rascher fliessende Blut einen geringeren O-Verlust erleidet, als das langsam strömende. Dies lässt sich auch dahin fassen, dass der O-Verbrauch um so grösser ist, je grösser der ursprüngliche Gehalt an O ist.

2) Der CO_2-Gehalt des durchströmenden Blutes erhöht sich.

1) *Ludwig* u. *Schmidt*, Arbeiten III, 21.

Fehler in diesem Zuwachse sind in verminderndem Sinne möglich. Erheblich konnten sie nicht ausgefallen sein, das zeigt der sich nicht ändernde Stand der Manometer des Lungen- und künstlichen Pleuraraumes. Gerade aus diesem Grunde macht jedoch die gleich näher anzuführende N-Aufnahme das wirkliche Vorhandensein eines geringen CO_2-Austrittes zweifellos. Wenn demnach die Zahlen der folgenden Zusammenstellung alle etwas zu klein sind, so dürften doch ihre Abweichungen gering genug sein, um die Ableitung der gesetzmässigen Beziehungen der CO_2 nicht zu verhindern.

No.	Absolute CO_2-Bildung in 100 Blut	Absolute CO_2-Bildung auf 100 CO_2	CO_2-Bildung in 1 Minute von 100 Blut	CO_2-Bildung in 1 Minute auf 100 CO_2	Geschw.
1.	1.01	4.87	0.020	0.097	2
2.	1.52	7.15	0.030	0.143	2
3.	0.91	4.71	0.018	0.094	2
4.	1.15	5.74	0.035	0.172	3
5.	0.91	5.38	0.018	0.108	2
	1.12	6.62	0.022	0.132	2
	0.98	5.79	0.020	0.116	2
6.	0.71	4.28	0.044	0.263	12.3
7.	1.30	6.89	0.059	0.310	27
	0.92	4.55	0.074	0.364	24

Die Zahlen dieser Tabelle zeigen *cet. par.* etwas grössere Schwankungen als die des O-Verbrauches, was ausser auf den schon angeführten Umständen auf der grösseren Schwierigkeit einer vollständigen Gewinnung der letzten CO_2-Reste des Blutes beruhen mag. Doch ist auch in ihnen in denselben beiden Richtungen wie beim O-Verbrauch eine Gesetzmässigkeit nicht zu verkennen.

Während der Zeit, wo die Lunge aus dem Organismus herausgeschnitten ist, erhielt sich wie aus 5 und 7 hervorgeht, der CO_2-Gewinn des Blutes bis auf geringe Abweichungen auf derselben Grösse. Letztere scheinen aber im Gegensatze zu dem Verhalten des O-Verbrauches auf eine geringe Zunahme zu deuten.

Wie der O-Verbrauch erfährt auch die CO_2-Bildung bei der Steigerung der Stromgeschwindigkeit eine beträchtliche Vergrösserung. Dieser Zuwachs ist aber ein relativ kleinerer als

der des O-Verbrauches; immerhin ist er gross genug, um die Ableitungsweise, die dort gegeben, giltig zu erhalten.

Das Verhältniss des verschwundenen O zu der gebildeten CO_2 ist grösser als 1; es schwankt ungefähr gleich zu beiden Seiten des Werthes $\frac{O}{CO_2} = 2$. — Mit der Geschwindigkeit wächst der genannte Quotient.

3) Auch der N-Gehalt des durchströmenden Blutes erfährt eine Erhöhung. Wo er im Arterienblut schon relativ bedeutend war, fällt diese Vermehrung sehr gering aus; in Versuch 5, wo der Gehalt des einströmenden Blutes an N gering war, ist der Zuwachs ein recht beträchtlicher. Dies weist darauf hin, dass der N einen gewissen procentischen Gehalt, der nicht weit über 2 Cbcmt. liegen konnte, nicht überschreitet. Doch muss dieser Werth von der Spannung der das Blut umspülenden N-Atmosphäre abhängen.

Die Triftigkeit dieser Grundlagen, auf welchen die weiteren Schlüsse auf die Vorgänge in der Lunge beruhen, wird ersichtlich in keiner Weise weder durch die Fehler der Analyse und Auspumpung noch durch die Diffusionserscheinungen oder Unregelmässigkeiten in der Vertheilung der Blutkörperchen erschüttert. Wichtiger ist die Frage, in wie weit die Muskeln des Vorhofes an dem Resultate betheiligt sind. Wenn auch ihre Masse klein ist, so durfte doch zur Elimination ihres Einflusses der Versuch an einer Lunge unter directer Einsetzung der venösen Canülen in die Lungenvenen erwünscht sein. Tabelle IV gibt die Resultate zweier solcher Versuche.

IV.

No.	Blutart	O	CO_2	No.	Geschw.	Druck
8.	Arterienbl.	13.22	19.64	1.67	3.3	15—20
	Venenbl.	12.57	20.00	2.55		
9.	Arterienbl.	14.71	20.07	1.64	10	15—20
	Venenbl.	14.27	20.26	1.79		

No.	O-Verbrauch Absolut	in 100 Blut in 1 Minute	CO_2-Bildung Absolut	in 100 Blut in 1 Minute
8.	0.65	0.021	0.36	0.012
9.	0.44	0.044	0.18	0.018

Die Endresultate dieser Versuche, der O-Verbrauch und der CO_2-Gewinn in 100 Cbcmt. während der Zeiteinheit, sind nur wenig kleiner als die Hälfte der entsprechenden Werthe der beiden früheren Tabellen, in naher Uebereinstimmung mit der Reduction der wirkenden Lungenmasse auf die Hälfte. Der Vorhofmuskel konnte somit einen erheblichen Einfluss nicht gehabt haben und es dürfen daher die gewonnenen Resultate sofort weiter verwendet werden.

Offenbar theilen sich die Resultate in zwei wesentlich verschiedene Gruppen. Das Verhalten des N nimmt eine besondere Stellung ein, während es auf der Hand liegt, die Aenderungen des Gehaltes an O und CO_2 in Beziehung zu einander, resp. zu einem gemeinschaftlichen Vorgang zu bringen.

Die nachgewiesene N-Aufnahme, welche mit der von Herrn *Preyer*[1]) beobachteten N-Vermehrung beim Schütteln des Blutes mit Luft übereinstimmt, wird von hohem Interesse in Hinsicht auf die schon so oft discutirte Frage der N-Resorption in den Lungen des athmenden Thieres. Zwar sind die Verhältnisse des Versuches wesentlich andere als die des normalen Athmungsprocesses, die Lunge war mit nahezu reinem N in Berührung. Jene N-Aufnahme darf daher nicht als Beweis einer Aufnahme bei der Athmung angesehen werden. Wenn aber schon die alten Beobachtungen von *Humboldt*, *Davy*, *Pfaff*, die neueren von *Sanders*[2]) und *Scheremetjewski*[3]) mit grösserer oder geringerer Allgemeinheit eine Aufnahme bei der Respiration ergaben, so dürfte die Natur dieser Aufnahme als eines physiologischen Vorganges nicht mehr zweifelhaft sein.

Der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung sind die Folgen eines molecularen Umsetzungsprocesses, welcher während der Durchleitung unter dem Einflusse des Gewebes stattfindet. Die Aenderungen beider können bis auf die Fehler der Analyse nur auf einer Aenderung der Intensität dieses Processes be-

1) Wiener Sitzungsber. 49. 26.
2) Arbeiten etc. II, 74.
3) Arbeiten etc. III, 121.

ruhen. Daraus folgt, dass diese Intensität eine Function der Versuchsdauer und der Stromgeschwindigkeit ist. Die erste Abhängigkeit kann nur dem herausgeschnittenen Organe eigenthümlich sein. Die zweite Beziehung wird dagegen in zweifacher Hinsicht von Wichtigkeit.

Zunächst liefert sie einen neuen Beweis — sollte es anders eines solchen noch bedürfen — dafür, dass die Athmungsprocesse auch in Gefässprovinzen, die nicht dem Muskel angehören, sehr veränderlich sind, dass also der Unterschied, welchen der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung bei der Gesammtathmung in den verschiedenen Arbeitszuständen zeigen, nicht allein in den verschiedenen Zuständen der Muskeln bedingt ist.[1]) Sie alle variiren ja stets die Geschwindigkeit des Blutstromes.

Weiter ermöglicht die genannte Function die Ableitung eines allgemeinen Satzes über die Natur des Vorganges. Fasst man in's Auge, dass bei der kleinen Geschwindigkeit und dem geringen O-Verbrauch die Lebenseigenschaften der Lunge sich ebenso gut erhalten, wie bei der grossen Stromgeschwindigkeit und dem gesteigerten O-Verbrauch, so ergibt sich auch hier wie beim Muskel, dass unter dem Einflusse des Gewebes Umsetzungsprocesse auftreten, die in keiner Beziehung stehen zur Erhaltung der Lebenseigenschaften derselben.[2])

Die Erscheinungen des O-Verbrauches und der CO_2-Bildung in den Lungen haben nach dem Gesagten eine allgemeine Bedeutung für die Lehre von der Gewebeathmung, namentlich deswegen, weil das Gewebe der Lunge sehr einfach gebaut ist, diese Athmung also hier unter den einfachsten Verhältnissen auftritt. Wie modificirend die Complicirtheit des Gewebes in die Athmung eingreift, zeigt die Umkehrung der Quotienten $\frac{O}{CO_2}$ beim herausgeschnittenen Muskel.[3]) Der Einfluss der Stromgeschwindigkeit auf den O-Verbrauch ist dagegen gerade bei diesem Organe entdeckt worden[4]); ihre Bedeutung für die CO_2-Bildung und das Verhältniss des O-Verbrauches zur CO_2-Bildung ist oben hervorgehoben.

---

1) Vergl. Arbeiten etc. III, 1. 42.
2) Arbeiten etc. III, 25.
3) Arbeiten etc. III, 55 ff.
4) Arbeiten etc. III, 34 ff.

Die genannten Erscheinungen haben aber ein neues Interesse, insofern sie in dem eigentlich athmenden Apparate des Organismus auftreten. Die äussere Athmung macht das venös einströmende Blut arteriell, die innere verwandelt das arterielle in gewissem Grade wieder in venöses; dem entsprechend ist sowohl der Wechsel der Farbe als die Aenderung im Gehalte an O und CO_2 in den beiden Processen gerade der entgegengesetzte. Das Verhältniss der letzteren Aenderungen jedes Processes ist dagegen in beiden wieder dasselbe.

In der Lunge erfolgt also in der That schon ein Theil des grossen Zersetzungsvorganges. Die alte Anschauung von *Mayow* und *Lavoisier* tritt damit wieder in ein gewisses Recht. Freilich ist die Grösse dieser pulmonalen Zersetzung eine sehr geringe gegenüber der Grösse in den übrigen Theilen, namentlich im gesammten Muskelsysteme und die von *Lagrange*, *Spallanzani*, *Edwards* und *Magnus* begründete Lehre behält ihre Richtigkeit in erster Annäherung.

2.

In der Frage nach der Ursache des energischen molecularen Umsetzungsprocesses in den Geweben sind bekanntlich zwei Möglichkeiten offen: Entweder wird der Sauerstoff durch die Einwirkung der Gewebe in jene Modification umgewandelt, in der er, ganz vorzugsweise energisch oxydirend, Verbindungen verbrennt, die er im nicht erregten Zustande nicht angreift. Oder es werden die Moleculargruppen unter dem Einflusse des Gewebes zerspalten, wobei dem gewöhnlichen nicht erregten Sauerstoff in dreierlei Weise Gelegenheit zu energischen Oxydationen gegeben sein kann: 1) Mit schwer zerstörbaren Gruppen tritt er im *status nascens* in Verbindung; 2) es werden leicht oxydable Verbindungen gebildet; 3) es werden einfache Moleculargruppen (z. B. Elemente) ausgeschieden mit hoher Verwandtschaft zum Sauerstoff. — Unterstützend kommt die von Herrn *Pflüger* [1]) hervorgehobene Lockerung des O in den Blutkörperchen hinzu: im O-freien Raum zersetzt sich das Oxyhämoglobin, ein Process, welcher durch die Temperaturerhöhung unterstützt wird, die das vom Herzen in die Gewebe zurückströmende Blut erfährt.

1) Archiv f. Physiol. I, 74. II, 469. 477.

Energische oxydirende Wirkungen des Ozones auf das Blut sind durch die Beobachtungen des Herrn *His*[1]) erwiesen; mit ozonisirter Luft geschüttelt wird das Blut so vollständig oxydirt, dass gar keine Albuminate und wenig organische Stoffe überhaupt bleiben. Andererseits ist das Vorhandensein kleiner Mengen von Ozon im Blute durch Herrn *Schmidt*[2]) hervorgehoben. Nimmt man demgemäss eine Ozonisirung des O unter dem Einflusse der Gewebe an, so entspringt die Frage nach der nähern Natur seiner Wirkungen. Hier werden nun nach den Untersuchungen des Herrn *v. Gorup-Besanez*[3]) zwei Puncte von besonderer Wichtigkeit.

Die Einwirkung des Ozones auf die Albuminate gehört zu den allereingreifendsten Wirkungen desselben. Also müssten die Eiweissstoffe des Blutes und der Gewebe ganz vorzugsweise den zerstörenden Wirkungen des Ozones unterliegen. Bei dem wesentlichen Antheil der Albuminate am Bau der Gewebe sind die Consequenzen dieser Annahme evident.

Die Einwirkung des Ozones auf die ganze Reihe der Kohlenhydrate ist fast ohne Ausnahme Null. Gerade diese aber sind recht eigentlich das Object der Verbrennung und diese ist bei der erwiesenen Kraftleistung dieses Processes von der fundamentalsten Bedeutung für den Organismus. Nun erfahren allerdings eine Anzahl der Kohlenhydrate bei Gegenwart von Alcali durch Ozon eine Zerlegung. Dies also schiene hinreichende Garantien zu bieten für die Möglichkeit der Verbrennung im Thierleibe. Allein die neuesten Versuche des Herrn *Scheremetjewski*[4]) beweisen nur zu sehr, wie unbegründet diese Ausflucht ist: »die Lebhaftigkeit der Athmung wird nicht erhöht durch die Anwesenheit des Zuckers im Blute, — wir haben keinen Grund zu der Annahme, es könne der Zucker als solcher, wenn er dem Blute einverleibt wird, den oxydirenden Vorgängen innerhalb der Gefässe verfallen.« Damit in Uebereinstimmung ist die Beobachtung des Herrn *v. Gorup-Besanez*, dass bei Behandlung der Milch mit Ozon ihr Zucker gar nicht, ihre Fette

1) *His*, Archiv f. path. Anat. u. Phys. v. *Virchow*. X, 483.

2) *Schmidt*, Ozon im Blute. Hämatol. Studien. I, 45. Archiv f. path. Anat. XLII 249.

3) *v. Gorup-Besanez*, Ueber die Einwirk. des Ozon auf org. Verb. Annal. d. Chemie. Bd. 110. Bd. 125.

4) Arbeiten etc. III, 142.



nur äusserst langsam angegriffen werden. Essigsäure und Ameisensäure werden zwar für sich nicht, aber bei Gegenwart von Alcali verbrannt; bei der Durchleitung durch die Gewebe bedingen sie keine Veränderung der Athmung. Ebenso wenig erfährt die Benzoesäure eine Zerlegung, die doch bei Gegenwart von Alcali ebenfalls vollständig durch Ozon verbrannt wird.

Die genauere Analyse der Wirkungen des Ozones auf die organischen Verbindungen zeigt also hinsichtlich der beiden Puncte, welche die allerfundamentalsten für den Organismus sind, des Baues seiner Gewebe und der Arbeitsleistung derselben, die Unmöglichkeit einer Ozonisirung des O durch das Gewebe. Vom Standpuncte der Zerspaltung unter ihrem Einflusse erblicken wir umgekehrt zwei Thatsachen, die eine wichtige Stütze für diese Annahme sind.

Im Muskel ist auch bei Abwesenheit freien O's eine CO_2-Bildung nachgewiesen. Die Herren *Ludwig* und *Schmidt*[1]) fanden bei Durchleitung von Erstickungsblut durch denselben die CO_2-Bildung nahezu ebenso mächtig wie in den Fällen, wo das durchströmende Blut eine merkliche Menge O einbüsste. Im Muskel ist aber kein auspumpbarer O. Daher kann diese CO_2-Bildung doch nicht von einer Oxydation herrühren, es kann der ihr zu Grunde liegende Vorgang nur eine Zerspaltung sein.

Im künstlichen Venenblute der Niere sind durch Herrn *A. Schmidt*[2]) Stoffe nachgewiesen, welche den locker gebundenen O zu fixiren vermögen. Die Menge dieses O, der nach der Absorption durch das Nierenvenenblut nicht mehr durch Auspumpung gewonnen werden konnte, betrug in einem Falle die Hälfte des auspumpbaren Blut-O; dafür waren 2.29 Cbcmt. CO_2 mehr gewonnen. Es ist hienach augenscheinlich, dass unter dem Einflusse des Gewebes aus den schwerer oxydablen Moleculargruppen Verbindungen entstehen, die durch den im Blut vorhandenen nicht ozonisirten O zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden.

Endlich dürfte es erlaubt sein, zwei andere Puncte hervorzuheben, welche der Ansicht von der Zerspaltung der Moleculargruppen theils eine hohe Wahrscheinlichkeit, theils eine Analogie zu einer bekannten Contact-Wirkung der Gefässwandungen

1) Arbeiten III, 59.
2) Arbeiten III, 126.

verleihen. Es wurde oben nachgewiesen, dass bei der Durchleitung von Blut durch die Lunge der Quotient aus dem O-Verbrauch durch die CO_2-Bildung mit der Stromgeschwindigkeit wächst. Diese Beobachtung ist mit der Annahme der reinen Verbrennung der Stoffe durch den ozonisirten O nur unter künstlichen und darum unwahrscheinlichen Unterstellungen vereinbar. Aus der Annahme der Zerspaltung ergibt sie sich, wie unten gezeigt werden soll, leicht. — Die Gerinnung des Blutes ist bekanntlich dann und (ohne weitere Behandlung) nur dann verhütet, wenn das Blut mit den Gefässwänden in Berührung ist. Ist also hier eine Contactwirkung nachgewiesen, warum soll sie nicht auch in der andern, der charakterisirten Richtung sich äussern können?

Nach Allem dürfte die discutirte Frage bereits als eine erledigte angesehen werden. Ein *experimentum crucis* steht aber zu Gebote in der Zerlegung einer Moleculargruppe, wo die Menge des bei der Verbrennung verbrauchten O in einem bekannten Verhältniss stehen muss zu einem vollständig gewinnbaren Verbrennungsproducte. Solche Verbindungen sind die Kohlenhydrate und die analog zusammengesetzten Körper, die unter ebensoviel O-Verbrauch als CO_2-Bildung zu CO_2 und Wasser vollständig verbrannt werden. Der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung lassen sich aber in dem durch das Gewebe strömenden Blute mit Genauigkeit ermitteln. Sind also hier die Volumina des O-Verbrauches und der CO_2-Bildung verschieden, so ist dies ein unumstösslicher Beweis dafür, dass die Zerlegung nicht eine Verbrennung sein konnte. Ist das Verhältniss der Volumina aber = 1, so ist dies ein Beweis weder für die eine noch für die andere Ansicht. Denn es wäre hier immer noch denkbar, dass erst unter einer durch das Gewebe eingeleiteten Zerspaltung die Vereinigung des O mit gewissen Molecülen in oben angedeuteter Weise stattgefunden und durch die vollständige Oxydation dieser intermediären Verbindungen erst eine solche der ursprünglichen ermöglicht wurde.

Unter diesen Körpern ist nun für die Entscheidung unserer Frage speciell die Gruppe von besonderer Wichtigkeit, welche nachweislich häufig in grösseren Mengen im Organismus vorkommt. Eine solche Verbindung ist die Milchsäure; sie wird nicht nur in der Nahrung dem Thierleibe zugeführt, sondern auch

in seinen Organen bei der Function derselben reichlich gebildet, während sie nur in sehr geringer Menge im Harne erscheint. Sie geht also jedenfalls im lebenden Organismus eine Zerlegung ein. Im nachgeahmten Processe der Zerlegung, welche durch ihre Einverleibung in das ein herausgeschnittenes Organ durchströmende Blut erzielt wird, dürfen wir aber wohl mit Recht den nämlichen Vorgang erwarten.

Nun hat bekanntlich schon Herr *Scheremetjewski*[1]) die Milchsäure diesem Versuche unterworfen. Er versetzte das kühle defibrinirte O-haltige Blut mit einer gewissen Menge einer wässerigen Solution von milchsaurem Natron und leitete abwechselnd das Normalblut und das Milchsäureblut durch die Niere des Hundes. Aus dem Unterschied, den die Aenderung des Gehaltes des Blutes an O und CO_2 in den beiden Fällen zeigte, liess sich dann leicht die gesuchte Beziehung ableiten; der Quotient dieser Differenzen drückte ja unmittelbar das gewünschte Verhältniss aus. Er fiel in drei unter vier Fällen nahe der Einheit gleich aus. — Für die Beweiskraft der Ergebnisse solcher Versuche ist zunächst der schon erwähnte Punct zu berücksichtigen: sie werden nicht mehr entscheidend, sobald jener Quotient der Einheit gleich kommt. Für die Versuche an der Niere werden speciell zwei andere Puncte wichtig. Die Niere war zwar in ein luftdichtes Gefäss eingeschlossen, zwischen ihrer Oberfläche und den Wänden desselben blieb aber immer noch ein beträchtlicher Raum. Eine Abgabe von CO_2 nach Aussen war also immer vorhanden. Während der Durchleitung schwillt die Niere beträchtlich an; dieser Austritt von Serum in das Parenchym muss aber nicht nur jene CO_2-Diffusion aus dem Organ erhöhen, sie führt zu einer beträchtlichen relativen Blutkörperchenvermehrung im ausströmenden Blute. Der Gesammteinfluss zeigte sich in den Versuchen des Herrn *Schmidt*[2]) in einem Falle als ein CO_2-Verlust von 2,5 Cbcmt. in 100 Cbcmt. Blut. Nun sind allerdings die benützten Zahlen Resultate von Differentialversuchen. Beide Processe brauchten aber keineswegs für das Normalblut und das Milchsäureblut in gleichem Maasse abzulaufen, denn letzteres war nicht unerheblich verdünnt. Alle diese Puncte gestatten nicht, die Ergebnisse der

1) Arbeiten III, 114.
2) Arbeiten II, 128 129.

Versuche des Herrn *Scheremetjewski* für eine Entscheidung der angeregten Frage zu benützen. Es war gefordert die Versuche an einem Organe wieder aufzunehmen, das bei grösserer Einfachheit in der Structur eine vollständige Gewinnung der CO_2 erlaubte. Die Lunge genügte beiden Forderungen; ich habe daher an ihr eine Anzahl solcher Versuche angestellt.

Die Anordnung der Versuche war dieselbe, wie in den früher beschriebenen Versuchen. Wie dort begann auch hier der Versuch mit der Gewinnung des Blutes. Nach seiner Defibrination wurde dieses zunächst in ein grösseres Quecksilbergefäss aufgefangen und erst nach sorgfältigem Schütteln durch ein Gabelrohr zwei Dritttheile der Menge in zwei andere Quecksilbergefässe übergeführt. Alle drei Blutquanta blieben jetzt in genauestem Abschluss von Luft. — Das milchsaure Natron, auf gewöhnliche Weise durch Sättigung der verdünnten Säure mit wiederholt durch Umkrystallisiren gereinigtem $Na_2\ CO_3$ bis zu genau neutraler Reaction dargestellt, wurde in einer Lösung von 43,1 Milligr. auf 1 Cbcmt. Wasser der einen Blutmenge zugefügt. Auf je 20 Cbcmt. Blut fiel 1 Cbcmt. der Solution.

War die erste Durchleitung von normalem Blut in der üblichen Weise vollendet, so dass erst nach dem Ausfliessen einer gewissen Menge Blutes in's Freie die schliessliche Sammlung in dem cylindrischen Gefässe *S* erfolgt war, so wurden die Gefässe *B* und *S* durch die beiden andern rasch vertauscht, die für Durchleitung und Auffangen des mit milchsaurem Natron versetzten Blutes bestimmt waren. Diese Durchleitung geschah unter besonderer Berücksichtigung gleicher Geschwindigkeit wie im ersten Falle. Das Sammeln des Venenblutes erfolgte immer erst nachdem eine Blutmenge (40 Cbcmt.) durchgeströmt war, welche zu der Annahme berechtigte, dass jetzt alles Normalblut durch das Milchsäureblut verdrängt sei. Endlich schloss sich in entsprechender Weise die Durchleitung der zweiten Quantität Normalblut an.

Das Auffangen der arteriellen Blutprobe geschah immer unmittelbar vor Beginn der Durchleitung nach sorgfältigem Schütteln der Blutmenge; sie blieb bis nach Vollendung dieser einen Durchleitung in Zimmertemperatur; dann wurde sie zusammen mit dem venösen Blute im Sammelgefässe bis zur Auspumpung in Eis aufbewahrt. — Die Reihenfolge der Auspumpungen war so, dass allfällige Veränderungen des Blutes in

einem das Endresultat verkleinernden Sinne ausfallen mussten. Demgemäss folgte dem Milchsäureblut das Normalblut und dem venösen das arterielle.

Den eigentlichen Versucheresultaten kann ich eine Bestätigung der von Herrn *Scheremetjewski* gemachten Beobachtung vorausschicken, dass ein Zusatz von neutralem milchsaurem Natron zum Blute keine Aenderung im Gasgehalte desselben bedingt. Dies gilt auch für das Blut, das eine beträchtliche Zeit (24^h) mit der Lösung versetzt, in Eiswasser aufbewahrt war. Hievon überzeugte mich ein Controlversuch, den ich jedoch, da sich das Verhältniss auch in der folgenden Tabelle ausspricht, übergehen kann. Ich bemerke indessen, dass es auch bei sorgfältigster Beobachtung aller Vorsichtsmaassregeln beim Versuch der Auspumpung und Analyse nur selten gelingt, die beiden normalen Blutmengen in ganz gleichem Gasgehalte zu erhalten; dementsprechend zeigt auch das arterielle Milchsäureblut bisweilen geringe Abweichungen vom arteriellen Normalblut, die nicht allein von jener continuirlichen Aenderung im Gaswechsel herrühren dürften.

Die folgende Tabelle gibt die Resultate dreier Versuche wieder. Die ersten zwei sind an den beiden Lungen, der dritte nur an der einen angestellt. Bei dem letzteren fehlt die Analyse des arteriellen Milchsäureblutes. Es wurde an seine Stelle der Gehalt des arteriellen Normalblutes gesetzt, was nach den eben gemachten Bemerkungen und einem Vergleiche mit dem zweiten arteriellen Normalblute wohl erlaubt war. — Die Blutarten folgen sich in der Reihe der Durchleitungen.

V.

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
1.	N. Art.	16.61	19.31	1.68	2	7—10
	Ven.	14.92	20.22	1.92		
	M. Art.	16.70	19.11	1.75	2	10
	- Ven.	14.36	22.62	2.31		
	N. Art.	16.19	20.19	1.96	2	15—20
	Ven.	13.88	22.22	2.48		

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
2.	N. Art.	14.23	20.02	1.44	3	5
	Ven.	11.47	21.47	1.88		
	M. Art.	14.49	19.97	1.76	3	
	Ven.	11.12	23.90	1.73		
	N. Art.	14.91	20.76	2.00	3	
	Ven.	11.97	23.21	2.69		
3.	N. Art.	13.22	19.64	1.67	3.3	15—20
	Ven.	12.57	20.00	2.55		
	M. (Art.	13.22	19.64	1.67)	3.3	20—25
	Ven.	12.63	20.21	2.46		
	N. Art.	13.28	19.19	1.40	3.3	25—30
	Ven.	12.85	19.50	2.32		

Für die nähere Ableitung der Erscheinungen theile ich zunächst die aus den Versuchsdaten der Tabelle V abgeleiteten numerischen Werthe mit. Sie beziehen sich alle auf die Minute als Zeiteinheit.

No.	Blutart	O-Verbrauch	Differenz	CO_2-Bildung	Differenz	Verhältn. der Differenzen
1.	Normal.	0.034	0.013	0.018	0.052	1 : 4
	Milchs.	0.047	0.012	0.070	0.028	
	Normal.	0.046		0.041		
2.	Normal.	0.088	0.014	0.035	0.085	1 : 6
	Milchs.	0.101	0.006	0.120	0.039	
	Normal.	0.089		0.074		
3.	Normal.	0.021	0.002	0.012	0.008	1 : 4
	Milchs.	0.020		0.019		
	Normal.	0.014		0.010		

Diese Zusammenstellung ergibt unmittelbar die folgenden Sätze.

1. Durch den Zusatz des milchsauren Natron zum Blute wird sowohl der O–Verbrauch als die CO_2–Bildung in dem die Lunge durchströmenden Blute erhöht. Ein Vergleich der ersten Durchleitung von normalem und derjenigen von Milchsäure haltigem Blute lässt in Versuch 1 und 2 dieses Verhältniss sofort erkennen; im 3. Versuche, wo eine Abweichung zu bestehen scheint, lehrt ein Blick auf die zweite Durchleitung von Normalblut, dass die Gasänderung überhaupt bei diesem Präparate in

einer relativ raschen Abnahme begriffen war. Es dürfte daher hier für den Vergleich richtiger das Mittel aus den Aenderungen der Gasgehalte während beider Durchleitungen von normalem Blute gewählt werden.

2. Das Verhältniss des Mehr-Verbrauches des O durch die Mehr-Bildung von CO_2 ist durchweg kleiner als 1. Es ist also gerade das entgegengesetzte wie das Verhältniss des O-Verbrauches durch die CO_2-Bildung bei der Durchleitung von Normalblut und weicht soweit von der Einheit ab, dass es das Verhältniss des O-Verbrauches durch die CO_2-Bildung bei der Durchleitung von Milchsäureblut ebenfalls umkehrt. Das genannte in dem letzten Stabe angedeutete Verhältniss wird für die Folge von um so bedeutenderer Tragweite, als es zu Gunsten des CO_2 ausfällt, also einen Ueberschuss in dem Theil anzeigt, der möglicherweise durch Diffusion noch eine kleine Verminderung erfahren hat.

3. In den beiden ersten Versuchen zeigt sich auch bei der zweiten Durchleitung von Normalblut noch ein deutlich ausgesprochenes Mehr in dem O-Verbrauch und der CO_2-Bildung relativ zur ersten Durchleitung, und auch hier ist der Ueberschuss in der CO_2-Bildung der grössere. Der dritte Versuch fällt aus schon angegebenen Gründen bei diesem Vergleiche weg; doch deutet auch hier die geringere Abnahme der CO_2 auf ein ähnliches Verhalten hin, das eben nur durch die Gesammtabnahme der Gasänderungen verdeckt wird.

Diese drei direct abgeleiteten Sätze werden nun die Grundlage für die weiteren Schlüsse hinsichtlich der Zerlegung des milchsauren Natrons unter dem Einflusse des Lungengewebes. Der erste von ihnen zeigt zunächst, dass das milchsaure Natron in der That während der Durchströmung eine Zerlegung erfährt. Das übereinstimmende Resultat der drei Versuche und ein Blick auf das Verhältniss der Zahlen in der fractionirten Durchleitung der Tabelle II lassen keinen Zweifel, dass das Mehr im O-Verbrauch und CO_2-Bildung durch die Anwesenheit des milchsauren Natron bedingt ist; und dass es Folge einer Zerlegung des letzteren unter dem Einflusse des Gewebes ist, folgt weiter aus der Unveränderlichkeit des Gasgehaltes bei blosem Zusatz von milchsaurem Natron.

Hiernach sind die Differenzen in dem O-Verbrauch und der CO_2-Bildung bei der Durchleitung von Normal- und Milchsäure-

blut durch die Umsetzung des milchsauren Natron bedingt. Dann aber folgt aus dem zweiten, ihr Verhältniss ausdrückenden Satze, dass diese Zerlegung unmöglich eine Verbrennung sein kann. Nur in dem Falle, wo es = 1 wäre, könnte eine Verbrennung vorliegen; hier erscheinen aber auf 1 Vol. verbrauchten O 4—6 Vol. erzeugte CO_2. Die durch den Einfluss des Gewebes angeregte Zerlegung des milchsauren Natron kann also nur eine Zerspaltung sein.

Um anzudeuten, wie man sich diese Zerspaltung möglicherweise zu denken hat, will ich an die längst bekannte Zerspaltung der Milchsäure in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff erinnern. Diese erfolgt unter dem Einflusse thierischer Substanzen und das zur Verwandlung des H in Wasser geforderte O-Volum verhält sich zu dem gebildeten CO_2-Volum = 1 : 4. Diese Uebereinstimmung wird um so überraschender, als im Blute wirklich Buttersäure nachgewiesen ist. Nicht weniger würde das gleichzeitige Vorhandensein von Zucker, Milchsäure und Buttersäure in den Muskeln in sichtlichen Causalzusammenhang gebracht. Gleichwohl möchte ich ausdrücklich hervorheben, dass nichts berechtigt, d i e s e Zerspaltung gerade als die vorhandene anzusehen.

Die Erhöhung der Gasänderungen, welche auch bei der zweiten Durchleitung von Normalblut noch in gleichem Sinne vorhanden ist, weist wohl darauf hin, dass während der Durchleitung des Milchsäureblutes eine gewisse Menge von dem milchsauren Natron in das Gewebe diffundirte und hier erst allmälig einer vollständigen Zerspaltung erlag. Sie zeigte sich auch in den Versuchen des Herrn *Scheremetjewski*.

Wenn auch die Zahl der angestellten Versuche mit Milchsäure eine sehr geringe ist, so ist ihr Resultat doch ein so evidentes, dass der Schluss auf die Natur der energischen Oxydationsvorgänge in den Geweben des Organismus als eines Zerspaltungsprocesses gestattet sein dürfte.[1]) Bei diesen Vorgängen sahen wir aber oben immer mehr O verschwinden als CO_2 erscheinen, eine Beobachtung, die freilich kein Widerspruch zu dieser Annahme ist, sondern nur auf einer vorzugsweise anderen Natur der sich zerspaltenden Körper beruhen mag. Ja man

1) Vergl. *Ludwig*, Physiol. II, 471. 472. 473.

könnte umgekehrt gerade das beim Muskel beobachtete entgegengesetzte Verhalten des genannten Quotienten als eine Bestätigung der Ansicht ansehen: hier ist der Zucker vorzugsweise angehäuft; schon Herr *Ludwig* weist in seiner Abhandlung über die Versuche des Herrn *Scheremetjewski* darauf hin, dass er höchst wahrscheinlich unter dem Einfluss des Muskelgewebes erst in Milchsäure zerlegt werden müsse, ehe eine weitere Zerlegung erfolge. Also müsste im Muskel vorzugsweise Milchsäure zur Zerspaltung kommen und die Umkehrung des $\frac{O}{CO_2}$ war zu erwarten. Im lebenden Organismus kommt der die Leistungsfähigkeit bedingende Vorgang übercompensirend hinzu.

Nach alle dem hat man sich einen Theil der unter dem Einflusse der Gewebe vor sich gehenden molecularen Umsetzungen als eine Zerspaltung zu denken, bei der eine zu der CO_2-Bildung relativ variable O-Menge verbraucht wird. Ein Product dieser Zerspaltung wird immer eine einfachere, aber eigenthümliche neue Verbindung sein. Im *status nascens* dieser Moleculargruppe mag den noch nicht verbrauchten O-Molecülen Gelegenheit gegeben sein, sich eines Theiles derselben zu bemächtigen und so eine vollständige Verbrennung einzuleiten. Dies würde die Variation des Verhältnisses des O-Verbrauches zur CO_2-Bildung in demselben Blute erklären. Es ist klar, dass 1) mit dem grösseren O-Gehalt des Blutes diese Verbrennung umfangreicher und daher diese Aenderung grösser werden muss, und dass 2) mit der Stromgeschwindigkeit die noch vorhandene O-Menge wächst. Darauf dürfte das oben hervorgehobene Wachsen des Quotienten $\frac{O}{CO_2}$ mit der Stromgeschwindigkeit hinauslaufen.

Ein anderer Theil der durch die Gewebe angeregten molecularen Umsetzungen ist aber eine katalytische Zerspaltung ohne allen weiteren O-Verbrauch. Dies geht hervor aus der von den Herren *Ludwig* und *Schmidt* beobachteten CO_2-Bildung im Erstickungsblut, das durch den Muskel geleitet wird. In der Niere ist zwar diese CO_2-Bildung nicht nachgewiesen. Dafür hat Herr *Schmidt* hier die Bildung von Stoffen dargethan, welche den locker gebundenen O zu fixiren vermögen. Diese Stoffe dürften die bei der Zerspaltung sich bildenden neuen Verbindungen sein.

Geht man umgekehrt von den Erscheinungen dieser molecularen Umsetzungen im Gasgehalte des Blutes aus, so muss man sagen: Der O-Verbrauch kann immer nur auf eine gewisse Gruppe moleculärer Umsetzungen bezogen werden, bei der CO_2-Bildung kommen aber immer die beiden, wo die Zerspaltung unter oder ohne Gegenwart von O möglich ist, in Betracht. Je nach dem Gehalte des Blutes und Gewebes an der ersten Gruppe wird der O-Verbrauch sich gestalten, je nach ihrem Gehalt an der ersten und zweiten die CO_2-Bildung.

Nun hat sich bei der Lunge das Verhältniss des verbrauchten O durch die gebildete CO_2 als > 1 herausgestellt. Andererseits hat die Lunge die Fähigkeit, Gruppen zu zerlegen, wo mehr CO_2 gebildet als O verbraucht wird, dies geht aus den Milchsäureversuchen hervor. Daraus folgt, dass im defibrinirten Blute Moleculargruppen, die ohne Gegenwart von O zerspalten werden, in erheblichem Maasse nicht vorkommen. Wenn daher im Muskel mehr CO_2 gebildet als O verbraucht wird, so müssen diese Stoffe, die vorzugsweise CO_2 liefern, bei geringer O-Verzehrung eben im Muskel vorhanden sein oder erst gebildet werden; der Muskel versieht hier die Rolle, die oben der Experimentator im Zusetzen von Milchsäure spielt. Dies weist von Neuem auf die dem Muskel eigenthümliche Kraft, den Zucker zu zerlegen.

Hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Organismus zerfallen die charakterisirten Vorgänge in drei Gruppen: 1) moleculare Umsetzungen, die zu den Lebenseigenschaften der Gewebe nichts beitragen; 2) solche, welche für die Erhaltung der Lebenseigenschaften dienen, 3) solche, welche die Function des Organes vermitteln.

Der Gasaustausch des Blutes, das ein Gewebe durchströmt, ist also 1) im functionirenden Organe die Resultante aller drei, 2) im nicht functionirenden, aber lebenden Organe die Resultante der zwei ersten Vorgänge. Sollte sich, anschliessend an die Beobachtung, dass ein Theil der Processe nichts zu den Lebenseigenschaften beiträgt, die weitere Frage: sind die Lebenseigenschaften die nothwendige Bedingung für das Zustandekommen dieser Zerspaltungen? verneinen, so wäre 3) der Gaswechsel im todten aber nicht faulenden Organe das Product der ersten Umsetzungen allein.

Die erste Gattung von Zerspaltungen nimmt eine neue und

fundamentale Stellung ein im ganzen Organismus. Ihre Wichtigkeit liegt in ihrer Abhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit: dadurch werden sie recht eigentlich ein Selbstregulator für die Intensität des ganzen grossen Zerlegungsprocesses. Denn die Stromgeschwindigkeit bestimmt sich ja selber durch das Bedürfniss nach solchen Zerlegungen.

Da bei der Lunge die zweite Art von Vorgängen vermuthlich keine grosse Intensität erlangt, so mag der nachgewiesene Gaswechsel als vorzugsweise von der ersten Art von Vorgängen herrührend angesehen werden. Es bleibt durch genaue Vergleichung am lebenden und todten Organe der Gaswechsel, der durch die Lebenseigenschaften bedingt ist, festzustellen. Die dritte Reihe von Processen setzte eine Betheiligung des Lungengewebes an der Athmung nach Art einer Drüse voraus — eine Frage, die selber erst ihre Erledigung finden muss.

II. Ueber die äussere Athmung in der Lunge.

Die molecularen Umsetzungen, welche beim Durchströmen des Blutes in der nicht respirirenden Lunge stattfinden, müssen auch in der respirirenden erfolgen. Dort bedingten sie eine Aenderung des Gasgehaltes des Blutes, hier müssen sie die Ausscheidung der Gase mit bestimmen. Geht man also umgekehrt von den Endproducten dieser Ausscheidung aus, so sind sie immer aufzufassen als das combinirte Resultat der Ausscheidung, die ohne jene Processe stattgefunden hätte, und des Gaswechsels, der durch dieselben bedingt ist. Und fragt man sich weiter, ist das Lungengewebe am Athmungsprocesse betheiligt, so muss die Antwort bejahend ausfallen.

In der That, denken wir uns das venöse Blut strömen auf der einen Seite durch einen überall begrenzten, dem Lungenraume gleichen Luftraum, auf der andern Seite durch eine mit atmosphärischer Luft gefüllte, aber von der äussern Luft abgeschlossene Lunge. Im ersten wird es so lange CO_2 abgeben, bis das Verhältniss der CO_2-Menge ausserhalb des Blutes zu derjenigen in ihm ein bestimmtes geworden ist; es wird ebenso O aufnehmen, bis ein analoges Verhältniss eingetreten ist. Die absoluten Mengen hängen, da der Raum unveränderlich sein soll, nur noch von den Eigenschaften des Blutes ab. In der Lunge aber sind diese absoluten Mengen durch die Eigen-

schaften des Blutes und die der Lunge bestimmt und das angedeutete Verhältniss mag zwar für die CO_2 nahe das nämliche sein wie beim Luftraume, für die O-Aufnahme, die keinen Diffusionsgesetzen folgt, muss es ein anderes werden. Die neugebildete CO_2 vermehrt die anfängliche Spannung der CO_2 des Blutes, es muss daher mehr abgeschieden werden, aller für die Oxydationen verbrauchte O trägt nichts zur Sättigung der Blutkörperchen bei, es muss daher eine ebenso grosse Menge O mehr aufgenommen werden. — Beide Modificationen sind Functionen der Stromgeschwindigkeit.

Aber die nachgewiesenen Zerspaltungen treten in eine nähere Beziehung zu der specielleren Frage, ob das Lungengewebe mit einer specifischen Fähigkeit die CO_2 ausscheide. Der überwiegende O-Verbrauch zeigt, dass bei denselben höher oxydirte Verbindungen zu Stande kommen. Wie nun, wenn dies Säuren wären, welche die Kohlensäure des Blutes aus ihren Verbindungen auszutreiben vermöchten?

Die Frage nach dem einer Drüse analogen, specifisch für die CO_2-Ausscheidung eingerichteten Bau der Lungen hat von anderer Seite nicht weniger Wahrscheinlichkeit für sich. Dies gilt schon von dem seit *Darwin's* Lehre so lichtvollen Gesichtspuncte der Zweckmässigkeit, mehr aber von der Spannung der ausgeschiedenen CO_2 in der Lunge und der Schnelligkeit dieser Ausscheidung.

Das Maximum des CO_2-Gehaltes der Alveolenluft nimmt man zu 7.57 an. Die im Peritonaeum in einem Luftraum sich ausscheidende CO_2 fiel in den Beobachtungen von Herrn *Sertoli*[1]) meist beträchtlich geringer aus. Die Secrete enthalten, wenn sie sauer sind, ebenfalls wenig CO_2, nur bei alcalischer Reaction, wo der grösste Theil der CO_2 von Verbindungen chemisch angezogen wird, wird der Gehalt ein grosser; die Spannung der freien CO_2 ist aber auch in diesem Falle gering.[2])

Die Diffusion erfolgt auch aus übersättigten Lösungen nur bei Bewegung und Reibung rasch.[3]) Reibung ist nun allerdings im Gefässsysteme vorzugsweise gegeben: die Kleinheit der Lumina der Capillaren und die Suspension der Blutkörper-

1) *Sertoli*, *Hoppe-Seiler* med. chem. Unters. III, 350.
2) *Pflüger*, Gase der Secrete, Archiv f. Phys. II, 156.
3) *Schröter*, Pogg. Ann. 137. 76.

chen tragen in gleichem Maasse dazu bei und beiden Momenten mag auch in der That ein noch nicht genügend gewürdigter Einfluss auf die Diffusion der CO_2 zukommen. Aber auch in jenem Luftraume des Peritonaeum erfolgte die Diffusion sehr langsam; ob der anatomische Bau der Lunge jene grosse Geschwindigkeit allein erklärt, bleibt eine willkürliche Frage.

Gleichwohl wollte es noch nicht gelingen, durch directe Beobachtung die CO_2 austreibende Eigenschaft der Lunge darzuthun. Zwar schienen die Versuche des Herrn *Holmgren* anfänglich zu ergeben, dass die CO_2 im Lungenraume eine grössere Spannung erreicht, als sie in einem Luftraume je erreichen kann: aber in späteren Versuchen »erhob sich die Partiarspannung im leeren Raume auf den Werth, den sie in der Lunge besitzt«.[1])

Ich habe daher eine neue Reihe von Versuchen zum Entscheide dieser Frage angestellt. Das Princip derselben liegt in der directen Vergleichung der CO_2-Spannung, welche in der herausgeschnittenen Lunge und einem gegebenen Raume überhaupt erreichbar ist bei Durchleitung desselben venösen Blutes durch beide.

Um die Volumina der Gasräume unveränderlich zu haben, musste der Strombahn ein unveränderliches Volumen gegeben werden, was durch das *Regnault*'sche Princip, das auch Herr *Ludwig*[2]) in seinem Respirationsapparate anwandte, möglich ist. Um die CO_2-Spannung rein zu haben, musste eine O-Aufnahme und eine O-Abgabe vermieden sein. Jenes erreichte ich durch vielfach wiederholtes Füllen der Lunge mit N, dieses durch die Wahl von Erstickungsblut. Um endlich Temperaturgleichheit in beiden Räumen zu haben, wurde der gesammte Apparat in Wasser gestellt. Die Differenz der Spannungen wurde direct an einem Differentialmanometer abgelesen: hiezu musste ausser der Temperatur auch der anfängliche Druck in beiden Räumen derselbe sein. Den N-Raum wählte ich so klein, dass die zu seiner Sättigung nöthige CO_2-Abgabe auf das Gesammtblut vertheilt, eine verschwindendkleine war, was eine sichtliche Vereinfachung des Versuches ist.

Der angewendete Apparat ist in Fig. 3 perspectivisch

1 *Ludwig*, Zusammenstellung der Unters. über Blutgase. 24.
2 Arbeiten II, 58.



und in Fig. 4 in einem durch die quere Symmetrielinie geführten Schnitte dargestellt. *C* ist ein starkes cylindrisches Glas, zur Aufnahme der Lunge bestimmt. Sein Verschluss

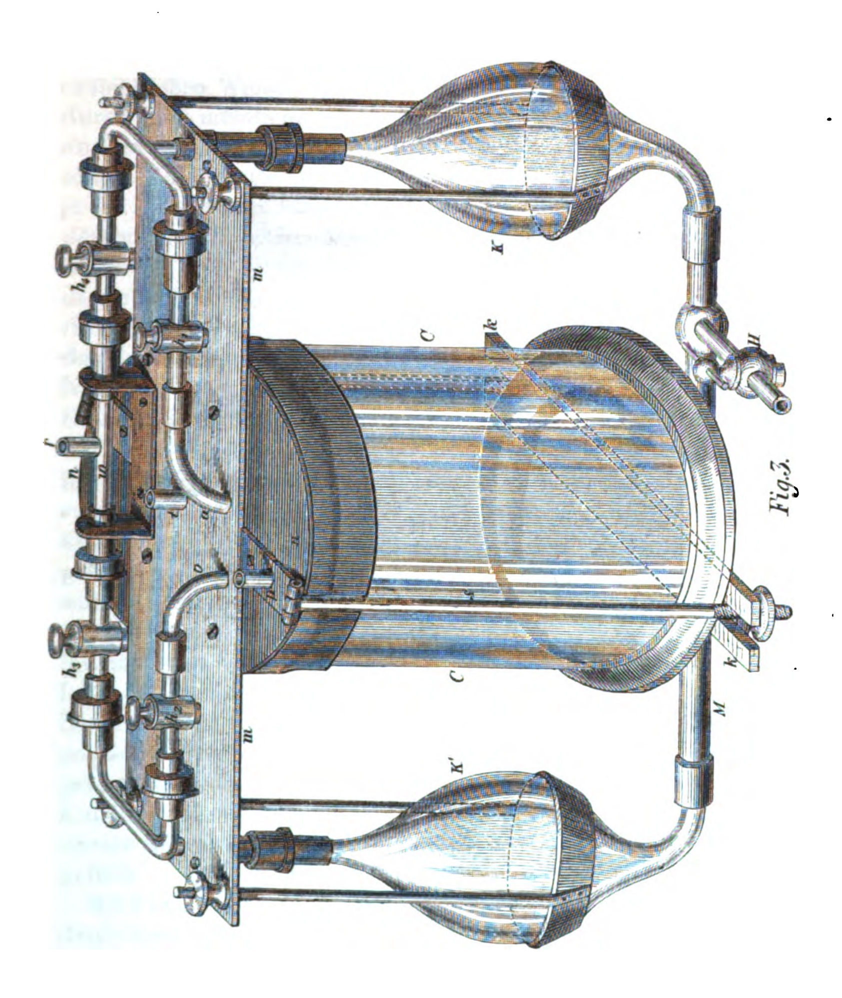
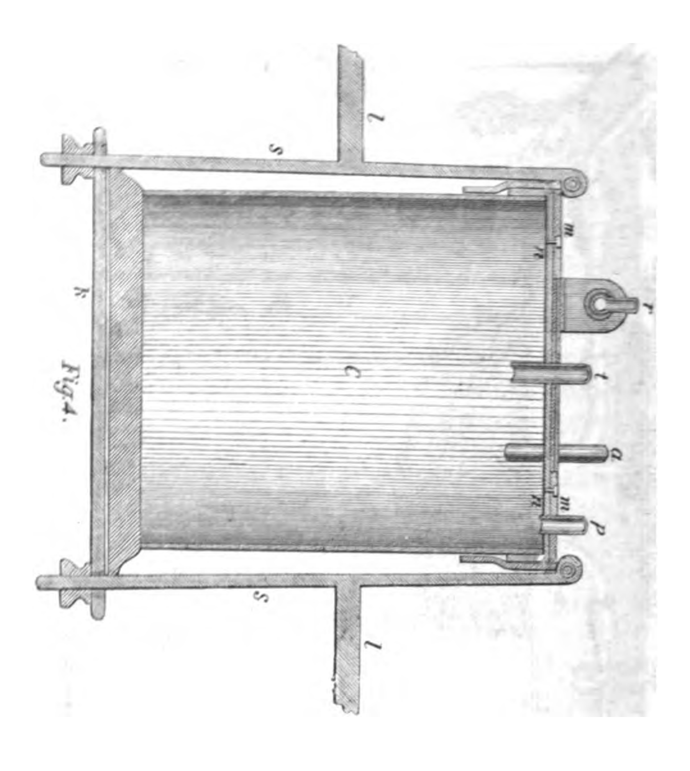
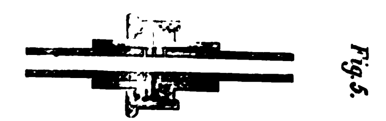


Fig. 3.

wird durch einen metallenen Deckel *n* gebildet, dessen Randvorsprung über das Glas hinunterragt und mit Hülfe eines Kautschukes, der durch Bindfaden an Deckel und Glas befestigt wird, einen luftdichten Abschluss gewährt. Der Deckel trägt

seitlich zwei in Charnieren bewegliche Stäbe *s*, welche ihn, unter *C* durch einen Horizontalstab *k* zusammengehalten, in feste Verbindung mit dem Glase bringen. Die Stäbe *s* tragen zwei horizontale, nur in Fig. 4 angedeutete Axen *l*, welche dem





ganzen Apparate eine Drehung in einer verticalen Ebene gestatten. Die Befestigung der Lunge an dem Deckel wird ermöglicht durch eine Reihe ihn durchdringender Röhrchen, an welche Trachea und Gefässe angebunden werden. *t* bezeichnet das in die Trachea führende Röhrchen, *a* und *v* führen in

Arterie und linken Vorhof, p in den zwischen Lunge und Glas gebliebenen Raum.

Mit dem Deckel in fester Verbindung ist eine zweite metallene Platte m, welche den Durchleitungsapparat trägt. K K', zwei birnförmige Glasgefässe werden in der aus der Fig. sofort ersichtlichen Weise von der Platte m gehalten. Sie sind unten durch eine metallene Röhre M, die nur einen Hahn H mit einem an ihm befestigten Kautschukrohr trägt, verbunden. Von ihren obern, die Platte m durchbohrenden Röhrenfortsätzen geht je ein gabelförmig sich theilendes Röhrensystem aus Glas aus, dessen eine auf derselben Seite gelegenen Zweige mittels der Glasröhre w in einander übergehen, während die anderen mit den metallenen Enden a und v umbiegen und den Deckel n durchdringen. Letztere führen in Lungenarterie und linken Vorhof; das Verbindungsstück w trägt ein seitliches Rohr r, das zu dem N-Raume führt. — In diese obere Leitung sind eine Reihe von Glashähnen h_1, h_2, h_3, h_4 eingefügt. Fig. 5 erläutert näher die Art, wie die luftdichte Vereinigung zweier Glasstücke erzielt ist. Die Enden der letzteren sind in zwei metallene, mit geschliffenen Rändern genau auf einander gepasste Hülsen eingekittet, die durch eine über sie gelegte Schraubenmutter zusammengehalten werden. Wo ein gläsernes Stück an ein metallenes grenzt, ist ersteres einfach in letzteres eingekittet. Immer aber ist sorgfältig darauf geachtet, dass das Lumen ein ganz stetiges ist. Die eine der Kugeln K ist mit Hg, die ganze übrige Röhrenleitung mit Blut gefüllt.

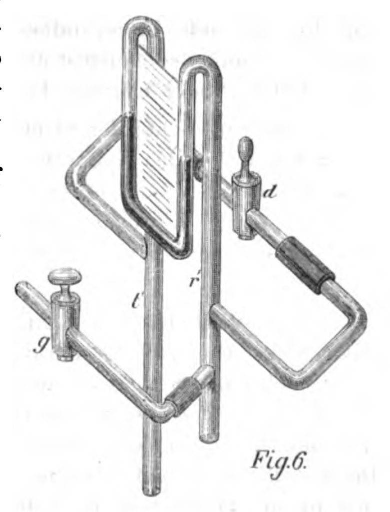


Fig. 6.

Mit l und r werden die beiden Schenkel des in Fig. 6 abgebildeten Differentialmanometers verbunden, l mit l', r' mit r. Beide stehen unter sich durch eine Glasröhre, in die ein Hahn d eingeschaltet ist, in Verbindung. r' trägt ausserdem ein seitliches Glasröhrchen, ebenfalls mit Hahn (g). Alle Verbindungen

am Differentialmanometer sind durch Kautschuke mit darüber gelegten metallenen Hülsenstreifen vermittelt, die eine Ausdehnung jener verhindern. Der eine Schenkel r' des Manometers bildet zusammen mit der Röhre r den N-Raum, dessen CO_2-Spannung mit der in der Lunge erreichten verglichen wird. Durch den Hahn d kann er mit dem Lungenraum in Verbindung gesetzt, oder davon abgeschlossen werden; der Hahn g führt zu einem Gasometer mit N. Mittelst der Axen l ruht der ganze Apparat auf einem hölzernen Lager in einem grossen cylindrischen Glasgefässe. Wenn ihm daher jetzt durch Schnüre, welche durch 2 Löcher in der Platte m gezogen sind, eine passende Drehung ertheilt wird, so kann leicht der Druck erzeugt werden, der zur Ueberführung des Blutes in die eine oder die andere Kugel K nöthig ist. Durch passendes Oeffnen der Hähne h_1—h_4 kann die Durchleitung das eine Mal durch die Lunge das andere Mal durch die seitliche Bahn h_3 h_4 geschehen. Ist beispielsweise das Blut in K', so wird man es durch die Bahn h_3 h_4 nach K und durch die Lunge nach K' zurückleiten.

Eine Veränderlichkeit der Strombahn ist offenbar nicht möglich, da alle Verbindungen starr sind. Die Kautschukverbindungen mit Metallhülsen am Manometer sichern ebenfalls eine hinreichende Unveränderlichkeit des Volumens der Gasräume. Damit der Apparat allen Forderungen genüge, mussten daher nur noch folgende Puncte geprüft werden:

1) die Luftdichte der Strombahn. Die Controle war leicht durch Einstellen des Apparates in Wasser und Einblasen in das Ansatzrohr r bei Verschluss von a und v und von H auszuführen. Durch Einfügen von Fett und Lakiren der Verbindungsstellen konnte ein luftdichter Verschluss strenge erzielt werden.

2) die Möglichkeit, die Luftblasen aus der Strombahn fortzuschaffen. Dies erwies sich dadurch erreichbar, dass der Apparat nach einer Seite stark geneigt und dann unter sehr hohem Drucke und mit einer grossen Geschwindigkeit ein kleiner Theil des Inhaltes (Blut oder Quecksilber) herausgetrieben wurde. Doch stellte sich auch dann noch in einigen Versuchen schliesslich auf der einen Seite ein Luftbläschen ein, das aber wegen seiner Kleinheit nicht störend wirken konnte.

3) die Luftdichte des cylindrischen Glases C. Sie war

durch sorgfältiges festes Anlegen von Bindfaden in wiederholten Touren um den Kautschuk vollkommen erreichbar.

Der etwas verwickelte Versuch erfordert die Beobachtung einer Reihe von Cautelen und mag daher etwas eingehender dargelegt werden.

Zunächst wird der ganze Apparat mit *Hg* gefüllt und in angedeuteter Weise von Luftblasen freigemacht. Dann führt man das in üblicher Weise von einem Hunde gewonnene defibrinirte Erstickungsblut mit denselben Vorrichtungen, die schon Herr *Schmidt* beschreibt,[1] durch das Rohr *r*, während durch das an *H* angefügte Kautschukrohr *Hg* ausfliesst, ein bis zur Füllung beider Kugeln *K*. Nochmals werden etwa vorhandene Luftbläschen sorgfältig entfernt.

Nun werden nach Verblutung des Hundes, der sich unterdessen wieder etwas erholt hatte, die Lungen herausgeschnitten, Trachea, Arterie und Vorhof wie in den früheren Versuchen isolirt, mit Canülen versehen und mit Hülfe dieser an die Röhrchen *t*, *a* und *v* des Deckels *n* angebunden. Das letztere muss mit besonderer Sorgfalt geschehen. Nach der Einbindung der Trachea wird die arterielle Canüle mit Blut gefüllt, und andererseits durch *a* eine gewisse Quantität Blut herausgetrieben; jetzt erst kann die Vereinigung dieser Stücke erfolgen. An sie reiht sich die Durchleitung einer beträchtlichen Quantität Blut durch die Lungen, bis alle Luft aus den Venen vertrieben ist, der Ausfluss einer geringen Menge Blutes aus *v* und endlich die Vereinigung der venösen Canüle mit *v*. Diese vorläufige Blutdurchleitung geschieht wie das Ausfliessen aus *a* und *v* in's Freie unter Eingiessen von *Hg* in den erhöhten, bis jetzt immer gefüllt gebliebenen Kautschuk an *H*.

Jetzt erfolgt die luftdichte Einsetzung des Gefässes *C* und des Differentialmanometers. Vor dem letzteren ist in *r* das Niveau des Blutes genau auf die horizontale Strombahn reducirt worden. Sind noch an *p* und *g* längere Kautschuke angefügt, so kann der Apparat nun in das Wassergefäss bis zum vollständigen Eintauchen des Manometers eingesetzt werden. Durch Verbindung der genannten Kautschuke mit dem N-Gasometer wird abwechselnd der Lungenraum mit dem Manometer und der Raum zwischen Lunge und Glas wiederholt mit reinem *N*

1) Arbeiten II, 32. 102.



gefüllt und entleert. Bei aufgeblasener Lunge, wo ihre pleurale Fläche die innere Glaswand berührt, wird schliesslich, nachdem der Hahn *g* geschlossen, die Gleichheit der Niveaux in dem Manometer rasch controlirt, *d* ebenfalls geschlossen und gleichzeitig das an *p* gefügte Kautschukrohr möglichst nahe an *p* abgeklemmt.

Die Durchleitung ist jetzt vorbereitet. Durch das vorläufige Austreiben des Blutes ist die der Arterie entsprechende Kugel *K* fast ganz mit *Hg* gefüllt worden, während die andere noch voll Blut ist. Dem entsprechend wird jetzt das Blut zuerst durch die seitliche Bahn, wo es also an dem N-Raume *r* vorbeistreicht, in die arterielle Kugel hinübergeführt. Aus der letzteren strömt es dann nach gewendeter Lage des Apparates durch die Lunge, um jetzt den Kreislauf zu wiederholen.

Es ist bemerkenswerth, dass jetzt, dem ausgedehnten Zustande der Lunge entsprechend, eine auch geringe Geschwindigkeit einen viel grösseren Druck erfordert als in den früheren Durchleitungen bei vollkommen zusammengefallener Lunge.[1]) Uebrigens zeigte sich auch hier dasselbe Steigen bei wachsender Versuchsdauer. Anfangs war der Druck 30—40 Mm., bei einer wiederholten Beobachtung stieg er auf 60—80 Mm. Während der oft wiederholten Durchleitung trat kein Tropfen Blut aus den Gefässen. Die Lunge hatte, was aus ihrer Berührung mit dem Glasgefässe erkannt wurde, ihr Volumen unverändert beibehalten. Nach dem Versuche contrahirte sich stets die Lunge in Eiswasser. — Ich bemerke, dass vor der schliesslichen Ablesung das Blut immer vielfach wiederholt nacheinander durch die Nebenleitung am N-Raume *r* vorbeigeleitet wurde, ohne dass eine Aenderung im Manometerstande eintrat.

Das Resultat des Versuches war stets eine Differenz des Druckes zu Gunsten der Lunge. Der absolute Werth derselben schwankte übrigens beträchtlich, in 5 Bestimmungen an drei verschiedenen Lungen von 4—30 Mm. *Hg*. Die Differenz erreichte Anfangs ziemlich rasch eine gewisse Grösse, um später nur wenig und langsam über diesen Werth zu steigen.

---

1) Ein analoges Resultat hatte sich auch bei einem der ersten vorläufigen Versuche gezeigt. Wurde die Lunge abwechselnd in Inspirations- und Exspirationsstellung gebracht, der Druck aber unverändert gelassen, so wurde die Stromgeschwindigkeit dort langsamer hier schneller.



Es war von Interesse zu sehen, wie diese Differenz von der Zeit abhängt, während welcher die Lunge aus dem Organismus herausgeschnitten war. Deshalb wurde nach der ersten Ablesung von Neuem jenes abwechselnde Füllen und Entleeren der Lunge mit *N* vorgenommen und die Beobachtung in entsprechender Weise wiederholt. Die Differenz trat auch jetzt in gleichem Sinne ein, erreichte aber nicht mehr den ursprünglichen Werth. War beispielsweise die Differenz bei der ersten Ablesung 7 Mm., so betrug sie bei der zweiten nur 4 Mm.

Das beträchtliche Schwanken der beobachteten Druckdifferenzen mag ausser in den Eigenthümlichkeiten der Lungen und des Blutes noch darin seinen Grund haben, dass der Raum zwischen Glas und Lunge nicht immer verschwindend klein war und das angewandte Wasser nicht genau die Zimmertemperatur hatte. Zwar wird der eingeführte N in der Lunge und im N-Raume immer mit gleicher Temperatur ankommen und eine Aenderung dieser könnte, da sie sich auf beide gleichmässig erstreckt, keinen Einfluss haben. Allein es kommt die Aenderung der Temperatur des N-Gases in der Pleurahöhle in Betracht, wo der Druck des Gases kleiner ist als in der Lunge und daher eine geringere Aenderung erfährt. In den beiden extremen Fällen der obigen Werthe lag nun in der That die Lunge nicht am Glase an.

Beachtet man, was ich nochmals hervorheben will, dass in den Versuchen nicht die Geschwindigkeit der CO_2-Ausscheidung, sondern die durch den Austritt überhaupt erreichbare CO_2-Spannung bestimmt wurde, so ist eine wesentliche Betheiligung des Lungengewebes an der Ausscheidung der CO_2 als direct erwiesen anzusehen.

Nun stellte sich oben diese Betheiligung von zwei Gesichtspuncten aus dar: es tritt in der Lunge eine CO_2-Bildung auf, und es erwies sich die Existenz eines CO_2-austreibenden Körpers als wahrscheinlich. Daher entspringt jetzt die Frage. rührt die beobachtete Druckdifferenz nur etwa von dem Mehrgehalt des Blutes in der Lunge an CO_2 her, oder ist sie die Wirkung eines die CO_2 austreibenden Körpers? Es ist klar, dass nur dann, wenn die Differenz nachweisbar grösser erscheint als sie im ersten Falle sein müsste, die Existenz eines solchen Körpers und damit der specifische Bau der Lungen nachgewiesen ist.

Wäre nur jene CO_2-Bildung in der Lunge vorhanden, so müsste die Druckdifferenz zunächst schon deshalb sehr klein werden, weil das mit dem grösseren CO_2-Gehalt aus der Lunge strömende Blut ja wieder durch den N-Raum geleitet wird. Ausserdem ist bei der Anwendung von Erstickungsblut eine nur beschränkte CO_2-Bildung möglich. Aber auch wenn man eine beträchtliche CO_2-Bildung und ihre vollständige Ausscheidung in der Lunge zugibt, so ergibt bei wahrscheinlichen Annahmen über den Inhalt des Lungenraumes die Rechnung doch eine für jene Druckdifferenz nicht hinreichende CO_2-Menge.

Hienach ist in der That die Lunge für die Austreibung der CO_2 specifisch eingerichtet. Nimmt man die in der Lunge ausgeschiedene CO_2-Menge zu 10% an, so würde beispielsweise bei der beobachteten Differenz von 26 Mm. der Mehraustritt in der Lunge ca. $1/3$ des eigenen Werthes betragen. Unzweifelhaft ist diese Grösse eine Function der Temperatur.

Ob die die CO_2 austreibende Substanz wirklich ein bei den nachgewiesenen Zerspaltungen auftretender Körper sei, bleibt unentschieden; ebenso, ob ihre Bildung der Lunge eigenthümlich ist oder ob sie den Geweben überhaupt zukommt. Dürfte die erste Frage bejaht werden, so wäre zu erwarten, dass die Substanz in O-reichem Blute viel mächtiger gebildet und darum das Mehr der CO_2-Ausscheidung viel grösser werde. Dann müsste auch die Menge jenes Körpers von der Geschwindigkeit des Blutstromes abhängen, womit die Regulirung der Athmung durch die Stromgeschwindigkeit in ein neues Licht treten würde.



W. Sadler, *Ueber den Blutstrom in den ruhenden, verkürzten und ermüdeten Muskeln des lebenden Thieres.* Aus dem physiologischen Institut. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede Prof. *C. Ludwig*.

Mit 1 Tafel und 10 Holzschnitten.

Die Erfahrungen, welche man beim Auffangen des Blutes gewonnen hatte, das aus dem zusammengezogenen oder dem ruhenden Muskel des lebenden Thieres floss und die Erscheinungen die an dem künstlichen Strom beobachtet wurden, der durch den ausgeschnittenen aber noch reizbaren Muskel geführt worden, veranlassten Herrn Prof. *Ludwig*, mir eine Untersuchung des Blutstroms in dem Muskel des lebendigen Thieres anzurathen.

Sczelkow[1]), mein Vorgänger auf diesem Gebiete, hatte gefunden, dass der erregte Muskel, während er seine Form ändert, zugleich von einem rascheren Blutstrom durchsetzt wird. Insofern man in genauerer Weise den Grad dieser Aenderung feststellen will, wird man dafür zu sorgen haben, dass der Muskel nach Willkühr bald vollkommen erschlafft und bald vollkommen tetanisch werde und zugleich dafür, dass der Hauptstrom, aus dem sich ein Arm für den Muskel abzweigt, sich während der Versuchsdauer im Wesentlichen gleich bleibe. Die Erfahrung belehrte mich, dass es zur Herbeiführung dieser Bedingungen öfter nothwendig, jedenfalls aber bequem sei, die Hunde, welche ich als Versuchsthiere benutzte, zu vergiften. Indem ich dieses that, verhehlte ich mir nicht, dass jedes der beiden von mir angewendeten Gifte, das Morphium sowohl wie das Curare, den Blutstrom auf ihre besondere Weise beeinflussen. Nach der Vergiftung mit Morphium wird in der Regel der Druck

1) Wiener Sitzungsberichte 45. Band.

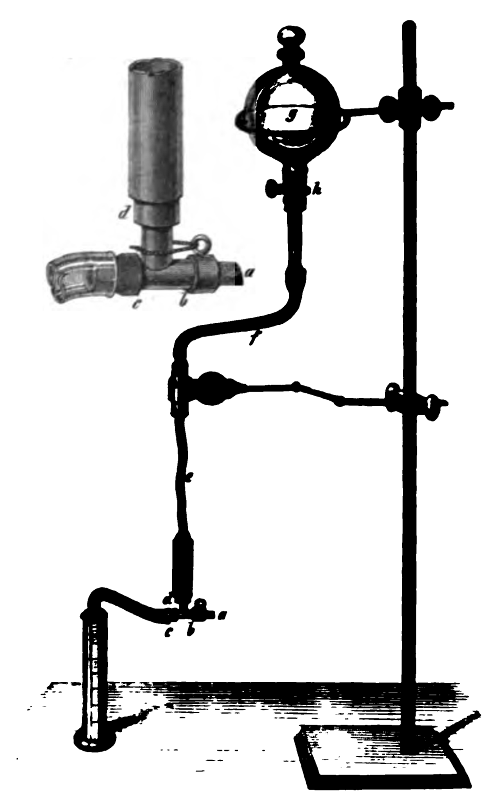
innerhalb der grossen Arterien niedriger als er vor derselben gewesen war und in der Regel röthen sich einzelne vorher blasse Körpertheile. Hieraus dürfen wir schliessen, dass das Morphium den Tonus der Gefässwand herabsetzt. Gerade Umgekehrtes stellt sich nach der Vergiftung mit Curare ein, indem nach dieser der Blutdruck in den grossen Arterien meist wächst, viele Gefässbezirke an ihrer Peripherie erblassen und ein durch die letzteren geführter Schnitt von einer sehr geringen Blutung begleitet ist. Demnach wird der Blutstrom, welcher durch den Muskel eines Thieres geht, das auf die eine oder andere Weise vergiftet ist, nicht ohne Weiteres dem des unvergifteten gleich zu setzen sein. Von vorn herein wird sich auch gar nicht angeben lassen, nach welcher Richtung hin der Blutstrom des vergifteten Muskels von dem des unvergifteten abweicht. Wie hoch man aber auch den durch die Vergiftung bewirkten Schaden anschlagen mag, keinenfalls wird man denselben für so gross halten dürfen, dass er die Folgen zu verdecken vermöge, welche aus örtlichen Veränderungen der Gefässwand hervorgehen; mit anderen Worten, man wird nicht anstehen, die bedeutenden Unterschiede, die der Blutstrom des erschlafften Muskels im Gegensatz zu dem des verkürzten gewahren lässt, auf Rechnung der Muskelerregung, nicht aber auf die des Giftes zu schreiben, und somit die Erscheinungen des Blutstroms, welche während der Erregung des vergifteten Muskels sichtbar werden, auch auf den unvergifteten übertragen. Insofern die Richtigkeit dieser Unterstellung als selbstverständlich anzusehn, gewährt die Vergiftung mit Curare im Gegensatz zu der mit Morphium noch ihre besonderen Vortheile, da das Curare nur die Nerven der quergestreiften Muskeln lähmt, während es die glatten der Gefässwände unberührt lässt. Somit kann es gelingen, die Wirkungen, welche die Reizung oder Lähmung der Gefässnerven veranlasst, von denen zu scheiden, welche von der Zusammenziehung der quergestreiften Muskeln herrühren.

Als Maass für die Strömung des Blutes durch den Muskel benutzte ich die Blutmenge, welche in der Zeiteinheit aus der Vene eines Muskels ausfloss. Das unmittelbare Ergebniss einer solchen Beobachtung scheint mir unter folgenden Bedingungen unverfänglich zu sein.

1. Die Blutmasse, welche dem Thiere auf diese Weise

durch die Beobachtung entzogen wird, darf nicht so gross werden, dass sie gegen die Gesammtmenge von Blut, welche das Thier enthält, insoweit in Betracht kommt, um den mittleren Blutdruck wesentlich herabzusetzen. Bei der von mir eingeschlagenen Messungsweise ist es deshalb geboten, einen relativ kleinen Muskelbezirk der Beobachtung zu unterwerfen. Dieses kann auch mit Erfolg geschehen, weil die Muskelvenen des Hundes von einer beträchtlichen Weite sind. Sollte nun aber, trotzdem dass man einen beschränkten Bezirk gewählt, das während des fortgesetzten Versuchs entleerte Blut auf ein grösseres Maass angestiegen sein, so würde man dem drohenden Nachtheil dadurch abhelfen können, dass man das entleerte Blut nach vorausgegangenem Schlagen und Filtriren dem Thiere wieder einspritzte. Diese Massregel habe ich in meinen Versuchen niemals angewendet, weil das abgezapfte Blutvolum sich immer in engen Grenzen hielt. — 2. Die höchste Sorgfalt ist auf die Lagerung des betreffenden Muskels zu wenden, vorzugsweise um einer Verdrückung der dünnwandigen Venen vorzubeugen. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich die Vene eines Gliedmuskels für das Experiment zu verwenden, weil das Glied, dem derselbe angehört, mit Sicherheit in einer unverrückten Lage gehalten werden kann. Diese letztere ist selbstverständlich so zu wählen, dass das durch die benutzte Vene strömende Blut weder auf dem Verlauf, noch an der Mündung derselben einen Stauungswiderstand zu überwinden hat. Ich unterlasse es die Art der Befestigung, welche ich angewendet habe, genauer zu beschreiben; die Bemerkung mag genügen, dass ich zur Befestigung einen eisernen sehr stabilen Halter in Anwendung gebracht habe, zwischen dessen Armen die betreffende Gliedmaasse sanft aber sicher eingespannt wurde. — 3. Ganz besondere Schwierigkeiten werden in unsern Versuch dadurch eingeführt, dass das Venenblut der Muskeln so ungemein leicht gerinnt; jedes Gerinsel wirkt aber um so störender, weil das Blut mit einem äusserst schwachen Druck aus der Vene hervorströmt. Dieser Umstand hat mich genöthigt zu der Vorrichtung zu greifen, welche in dem umstehenden Holzschnitt versinnlicht ist. *a* stellt die kurze und sehr dünnwandige Metallcanüle dar, welche in die Vene eingebunden wurde. In die Erweiterung ihres einen Endes war ein Schenkel des metallenen ⊥förmigen Rohres *bcd* eingeschliffen. Die zweite Mündung *c* des horizon-

talen Armes, die nach dem Einsetzen von *b* in die Venencanüle noch frei blieb, wurde mit Hilfe von Glas und Kautschuk in das



Figur 1.

untergestellte Messgefäss verlängert — Der aufsteigende Schenkel *d* des ⊥förmigen Rohres communizirte mittelst eines biegsamen Bleirohrs *e* und eines darauf folgenden Kautschukschlauches *f* mit dem kugelförmigen Gefässe *g*, das an seinem gläsernen Halse einen Hahn *h* trug. Zwischen dem Bleirohr *e* und dem Kautschukschlauch *f* war ein steifwandiges Messingrohr eingeschaltet, das von dem untern beweglichen Arm des Halters getragen wurde, das Kugelgefäss ruhte in dem obern Arm des Halters.

Die Beweglichkeit des Bleirohrs gestattete, das ⊥förmige Stück genau an die Canüle zu passen, ohne dass die Lage der Vene verrückt wurde. Die Kugel war mit einer Lösung von kohlensaurem Natron gefüllt.

Durch Oeffnung des Hahns konnte man nach Belieben das kohlensaure Natron in die Röhre führen und sich leicht überzeugen, ob in den das Blut ausführenden Röhren ein Gerinsel befindlich ist, beziehungsweise man konnte ein dort vorhandenes ausspülen. Nach einer jeden Messung der Ausflussgeschwindigkeit habe ich einen Strom von kohlensaurem Natron durch die Röhre geschickt; fand sich hierbei, dass ein Gerinsel anwesend war, so legte ich jenseits der Canüle an die Vene eine Klemmpincette, zog das ⊥förmige Rohr aus der Canüle und reinigte die Letztere auf das Sorgfältigste, ein Handgriff, der durch die Kürze und Weite der Lichtung mit voller Sicherheit ausgeführt werden konnte. Diese Vorrichtung hat mir die wesentlichsten Dienste geleistet, indem sie mir in der Regel erlaubte, die Vene mindestens eine Stunde lang wegsam zu erhalten. Den Versuch brach ich jedesmal dann definitiv ab, wenn sich das Gerinsel auch jenseits der Canüle in die Vene hineinerstreckt hatte, sodass keine Garantie mehr für die vollständige Entfernung desselben zu leisten war. — 4. Das Blut, dessen mittlere Geschwindigkeit man misst, muss durchaus nur aus dem Muskel kommen, dessen Nerven man gereizt oder durchschnitten hat, und es muss ausserdem das Muskelrevier, welches in Betracht gezogen wird, sein Blut nur durch die Vene zu entleeren gezwungen sein, in welcher sich die Canüle befindet. Diese durch sich selbst begründete Bedingung beschränkt die Orte an denen Beobachtungen mit Erfolg anzustellen sind auf eine geringe Zahl.

Zu den Versuchen, die in den nachfolgenden Blättern beschrieben werden, sind zur Verwendung gekommen die Vene, welche aus dem obern Ende des *m. biceps femoris* und eine von denen, die aus dem obern Ende der Hand- und Fingerbeuger hervortreten. Die Benutzung der Vene, welche aus dem obern Ende des *m. biceps* hervorgeht, erfordert keine weiteren Vorbereitungen, wenn man die Canüle dort einsetzt, wo jenes Gefäss den Muskel gerade verlässt. Das Blut, welches man alsdann erhält, kommt durchaus nur aus dem Muskel und es wird, insofern nicht merkliche Hindernisse seinem Abfluss ent-

gegengesetzt werden, auch alles Blut entleert, welches die obere Hälfte des Muskels durchströmt hat. — Grössere Vorbereitungen bedarf es, wenn man das Blut aus den genannten Vorderarmsbeugern rein und vollständig fangen will. Um dies zu erlangen, wird es nothwendig, verschiedene Venen und Arterien des Vorderarms zu unterbinden. Statt einer weitläufigern Beschreibung erlaube ich mir auf die Tafel zu verweisen, die dieser Abhandlung beigebunden ist. In der Zeichnung sind durch *u* die Stellen der *art. radialis.* eines Zweiges der *art. interossea* und diejenigen mehrer Muskel- und Hautvenen angedeutet, welche ich jedesmal vor Beginn eines Versuches zu unterbinden für nöthig fand.

Die Gefässe des Vorderarms habe ich nur darum in Gebrauch genommen, um mich davon zu überzeugen, dass nicht bloss die Oberschenkelmuskeln das eigenthümliche Verhalten zeigen. Nachdem dieses einmal auch hier beobachtet ist, würde ich nicht mehr zu ihnen zurückkehren, sondern mich an den *muscul. biceps femoris* halten. Sollte ich noch einmal in die Lage kommen, die Versuche fortzusetzen, so würde ich auch die unteren Venen des genannten Muskels in Gebrauch ziehen, da es wahrscheinlich ist, dass die Nerven ihrer entsprechenden Arterien nicht in dem Stamme laufen, der den Muskel selbst versorgt.

Die Variationen des Versuches an dem Muskel, der sich in seinem natürlichen Standort befindet, sind einfach vorgezeichnet. Das Blut ist aufzufangen, bevor und nachdem der zugehörige Muskelnerv durchschnitten wurde und dann während und nach einer Reizung desselben. Ferner ist das Glied in verschiedene Stellungen zu bringen, wobei dasselbe entweder so gespannt wird, dass durch die heftigste Reizung keine Bewegung in dem Muskel eintreten kann, oder die Sehnen der Muskeln sind zu durchschneiden, sodass durch die in Folge der Reizung eintretende Zusammenziehung keine Spannung im Muskel hervorgebracht werden kann. Den eben gegebenen Vorschriften gemäss habe ich die nachfolgenden Versuche ausgeführt. — Ein gleiches ist mir für eine andere naheliegende Variation nicht gelungen. Dieselbe sollte darin bestehen, dass die symphatischen Nerven gesondert von denjenigen für die quergestreiften Muskeln gereizt und durchschnitten würden. Die Operation, welche zur Blosslegung der Ursprünge jeder der beiden ge-

nannten Nervengattungen nothwendig ist, brachte, als ich sie ausführte, so grosse Störungen in das Gesammtverhalten des Thiers, dass ich auf die Ausführung des interessanten Versuchs verzichten musste.

Um diesen, wie ich glaube nothwendigen, Versuch auszuführen, müsste man allerdings einen andern Muskel als den *m. biceps femoris* wählen. Möglicherweise sind hiezu die Muskeln des Vorderarms brauchbarer.

Zur Aufhellung der Ergebnisse, welche mir der Blutstrom des Muskels in seinem natürlichen Standort gegeben hatte, unternahm ich auch noch am ausgeschnittenen Muskel einige Versuche.

Von den Ergebnissen, welche ich erhalten habe, werde ich zuerst das besprechen, was der Blutstrom gewahren liess vor und nach Durchschneidung der Nervenstämme, die den betreffenden Muskel versorgen, und dann das, was während und nach Reizung der Muskelnerven eintrat.

Vor Durchschneidung der Muskelnerven fliesst in der Regel aus der Vene nur sehr wenig Blut, auffallend wenig im Verhältniss zu dem Durchmesser der Arterien und der Venen, welche dem beobachteten Muskelgebiet zugehören. Venen der Haut von entsprechender Weite liefern eine um das vielfache grössere Blutmenge. Nach dem, was ich beiläufig gesehen, halte ich eine eingehendere Vergleichung des Stromquantums entsprechend weiter Haut- und Muskelvenen für eine lohnende Arbeit. Auf den sehr schwachen Strom innerhalb der ruhenden Muskeln weisen auch die geringen Blutungen der Muskelwunden hin, vorausgesetzt dass man keine Arterienstämmchen verletzt hat. Da ich über diesen Punct keine in das Einzelne gehende Beobachtungen angestellt habe, so verzichte ich darauf Folgerungen abzuleiten, die sich hieraus für die Vertheilung des Blutes und für das Leben der Muskeln ergeben.

Nach Durchschneidung der Nervenstämme, welche die dem Versuche unterworfenen Muskeln versorgen, verhalten sich die Erscheinungen verschieden, je nach dem Gifte, welches angewendet war, oder dem Nervenstamm, resp. dem Muskel, welcher dem Versuche unterzogen wurde. — Nach Durchschneidung der Vorderarmnerven bleibt der Strom unverändert, gleichgiltig, ob das Thier mit Curare oder mit Morphium vergiftet war. Nach Durchschneidung des Nerven für den *m. biceps femoris* mehrt

sich in der Regel der Strom, wenn das Thier mit Morphium vergiftet war; er bleibt dagegen unverändert, wenn mit Curare narkotisirt worden.

Als Belege führe ich einige Zahlenbeispiele vor.

No. des Hundes	Vor der Nervendurchschneidung: Im Mittel ausgeflossen während 15 Sec. in Cbcmt.	Vor der Nervendurchschneidung: Zeitdauer der Beobachtung., aus welchen das Mittel genomm. wurde in Secunden	Nach der Nervendurchschneidung: Im Mittel ausgeflossen während 15 Sec. in Cbcmt.	Nach der Nervendurchschneidung: Zeitdauer der Beobachtung., aus welchen das Mittel genomm. wurde in Secunden	Bemerkungen
1.	0,45	120	3,0	86	*Biceps femoris.* Morph.-Vergiftg.
2.	0,1	60	0,2	75	
3.	1,1	165	3,3	60	
4.	0,4	30	2,0	135	
5.	0,8	75	0,3	135	
7.	0,15	45	0,30	150	Beuger d. Vorderarms. Morph.-Vergiftg.
9.	0,9	60	0,8	60	
10.	0,4	60	0,14	135	
11.	0,9	45	0,6	75	
13.	1,1	80	0,75	50	*Biceps femoris.* Curare-Vergiftg.
14.	0,27	105	0,63	120	
15.	0,25	90	0,26	180	Beuger d. Vorderarms. Curare Vergiftg.

Das Anschwellen der Blutung, welches nach der Durchschneidung des dem *m. biceps* zugehörigen Nervenstammes beobachtet wurde, vorausgesetzt dass die Hunde morphisirt waren, bedarf einer Erklärung. Diese kann auf zwei Weisen versucht werden, das Resultat ist jedoch in keinem Fall ein befriedigendes. Weil die Reizung unseres Nerven ein Ansteigen des Blutausflusses bewirken kann, und weil die Zuckung, die jede Durchschneidung begleitet, die bestehende Reizung beweist, so kann von vornherein die Möglichkeit nicht bestritten werden, dass auch hier das Anwachsen des Stroms von einer Reizung bedingt sei. — Betrachtet man jedoch die Umstände genauer, so wird es zweifelhaft, ob man die angeführte Ursache

als die wirklich giltige anzusehen habe. Denn die Reizung ist eine sehr flüchtige und dennoch ist der Strom sehr anhaltend, mindestens durch Minuten hindurch beschleunigt; eine ähnlich langdauernde Nachwirkung tritt nicht ein nach sehr viel energischeren und anhaltenderen Reizungen. — Wie dieses dagegen spricht, dass der gereizte Nerv die Ursache der stärkeren Blutströmung war, so in nicht minderem Grade die zeitliche Erscheinung des lebhafter gewordenen Stromes. Nicht selten kommt es vor, dass in einer dem Zeitpuncte der Durchschneidung näher liegenden Periode die Strömung schwächer war als in einer späteren. Wäre die Reizung die Ursache der vermehrten Geschwindigkeit gewesen, so hätte man erwarten sollen, dass vom Eintritt des sehr vorübergehenden Reizes an die Geschwindigkeit in einem allmäligen Abnehmen begriffen gewesen wäre. Endlich aber scheint mir der hier angeregte Erklärungsversuch auch darum unhaltbar, weil er uns für das dem *m. biceps fem.* entgegengesetzte Verhalten der Handbeuger im Stich lässt. Warum sollte hier die Durchschneidung weniger reizend sein als dort?

Annehmbarer als die soeben besprochene erscheint die zweite noch mögliche Unterstellung, die nämlich, dass in dem durchschnittenen Nervenstamme für den *m. biceps* die Zweige für die Kreismuskeln der Arterien enthalten waren. Aber auch der Schritt, der die Lähmung der arteriellen Gefässwand zu Hilfe ruft, hat seine zahlreichen Bedenklichkeiten. Denn obwohl der Nervenstamm für den *m. biceps femoris* jedesmal möglichst genau an derselben Stelle durchschnitten wurde, so trat doch keineswegs immer eine Vermehrung der Geschwindigkeit nach seiner Durchschneidung ein. Dieses abweichende Ergebniss könnte darin begründet sein, dass entweder die Gefässnerven ausnahmsweise einen andern Weg genommen oder dass sich dieselben schon vor der Durchschneidung auf einem niedern Grade von Tonus befunden hätten, was hier um so weniger auffallend wäre, als bekanntlich das Morphium öfter die Gefässnerven lähmt. Ich brauche kaum hervorzuheben, dass die Gründe, die soeben für das ausnahmsweise Ausbleiben der vermehrten Geschwindigkeit nach Durchschneidung des *m. biceps femoris* vorgebracht wurden, auch für das gleiche Verhalten nach Durchschneidung der Nerven für die Handbeuger geltend zu machen wären. Ein Grund, der es dagegen zweifelhaft erscheinen lässt, ob die nach Nervendurch-

schneidung eingetretene Vermehrung der Strömung eine Folge der Gefässlähmung sei, liegt in der regelmässig wiederkehrenden Thatsache, dass die Geschwindigkeit nach kurzer, höchstens nach Minuten zu berechnender Zeit ein Maximum erreicht, von dem sie dann allmälig absinkt. Im Verlauf eines Versuches, der im Ganzen etwa eine Stunde und weniger anhält, kommt es vor, dass die Geschwindigkeit schliesslich auf den Werth herabgeht, welchen sie vor der Nervendurchschneidung besessen hatte. Hieraus würde man also, wenn man unsere Annahme festhalten wollte, zu folgern haben, dass die Gefässwand aus andern Gründen den Tonus wieder erlangt habe, der ihr anfänglich durch die Nervendurchschneidung genommen war. Allerdings hat dieser Ausweg in Anbetracht der kurzen, zur Wiederherstellung des Tonus nothwendigen Zeit etwas missliches, aber immerhin stehen ihm Analogien zur Seite.

Endlich wenn die Durchschneidung der Nerven eine Lähmung der Gefässwand und darum eine Vermehrung des Stromes hervorruft, so sollte man erwarten, dass die tetanische Reizung des peripherischen Nervenstumpfes eine Unterbrechung oder Minderung des Blutstroms bedingen würde. Dieses ist, wie wir sehen werden, durchaus nicht der gewöhnliche Fall, da in der Regel der Tetanus die Ausflussgeschwindigkeit verstärkt. Weil es sich aber doch zuweilen ereignet, dass die tetanische Reizung den Strom zum Stillstand bringt, so könnte man annehmen, es werde, wenn die Nervenreizung die Blutung steigert, die Wirkung der verengenden Gefässnerven überwogen durch die gleichzeitige Erregung von kräftiger wirkenden Erweiterungsnerven oder durch irgend welche andere von den gereizten Muskelnerven ausgelöste Umstände.

Zur Constatirung dieser Vermuthung würde nur dann zu gelangen sein, wenn es anginge, die eine Reihe von Nerven geradezu auszuschalten und die andere allein in Wirksamkeit zu setzen. Da es mir, wie erwähnt, nicht gelungen war die sympathischen Fasern, welche zu den untersuchten Muskeln gehen, auszumitteln und sie an ihren Ursprüngen zu erregen, so griff ich zum Curare, welches bekanntlich die Wirkungsfähigkeit der sympathischen Fasern unberührt lässt und nur die der quergestreiften Muskeln lähmt. Der Erfolg bestand wie erwähnt darin, dass sich die Reizung der vollkommen curarisirten Nerven als durchaus wirkungslos erwies. Die Blutung vermehrte und ver-

minderte sich nicht während der Reizung. Damit ist erwiesen, dass die unterstellte Ueberwältigung des gereizten Verengerungsnerven nicht auf Rechnung eines Vorgangs zu setzen ist, der durch die Muskelzusammenziehung eingeführt wird, denn da diese beim curarisirten Thiere ausbleibt, so hätte nun der gereizte Verengerungsnerv die Blutung stillen müssen. Aber noch mehr das Ausbleiben einer jeglichen Aenderung des ursprünglich vorhandenen Stroms macht auch die Anwesenheit eines Erweiterungsnerven sehr zweifelhaft, denn zum mindesten ist es unwahrscheinlich, dass sich die Folgen der Erregung des verengenden und des erweiternden gerade so ausgeglichen hätten, dass während der Erregung beider die Blutung gerade so stark und so schwach gewesen wäre als vorher.

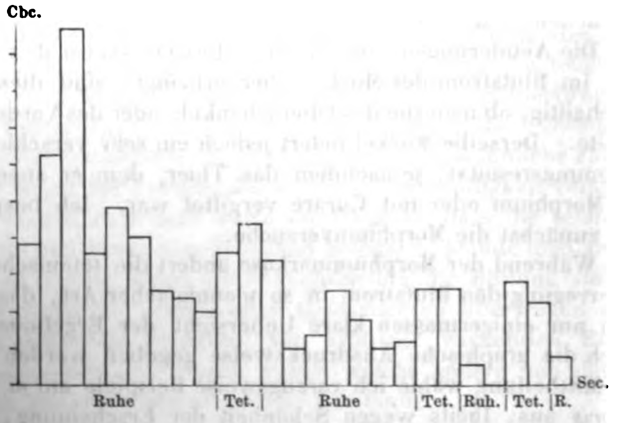
Diese Erwägung der Thatsachen bestimmt mich, von einer bindenden Aussage abzustehen, und die Aufdeckung des Abhängigkeitsverhältnisses glücklicheren Händen und erneuten Versuchen zu überlassen.

Die Aenderungen, welche das Tetanisiren der Nerven im Blutstrom des Muskels hervorbringt, sind dieselben, gleichgiltig, ob man die des Oberschenkels oder des Vorderarms wählte. Derselbe Muskel liefert jedoch ein sehr verschiedenes Strömungsresultat, je nachdem das Thier, dem er angehörte, mit Morphium oder mit Curare vergiftet war. Ich bespreche hier zunächst die Morphiumversuche.

Während der Morphiumnarkose ändert die tetanische Nervenerregung den Blutstrom in so mannigfacher Art, dass eine auch nur einigermassen klare Uebersicht der Ergebnisse nur durch die graphische Ausdrucksweise gegeben werden kann. Zur Mittheilung wähle ich vorzugsweise Beispiele am *m. biceps femoris* aus, theils wegen Schönheit der Erscheinung, theils auch wegen der Einfachheit der Strombahnen; denn an diesem Orte hat man es sicherlich nur mit Muskelblut zu thun.

Zu den Holzschnitten diene die erklärende Bemerkung, dass die Zahlen auf der Abscisse Secunden, die an den Ordinaten Cbc. der ausgeflossenen Blutmengen bedeuten. Die Beobachtungen, welche der Darstellung zu Grunde liegen, wurden so angestellt, dass ein Gehilfe nach je 10 oder 15 Secunden den Stand ablas, auf welchen das Blut in dem dasselbe auffangenden Messgefäss gestiegen war. Ein anderer Gehilfe schrieb diese Zahlen nieder. Ein dritter endlich reizte den Nerven oder be-

endete die Reizung auf Commando. In die Zeichnung sind die Ausflussmengen auf die Ordinaten eingetragen, welche während 10 oder 15 Secunden notirt wurden, wobei zur Vermeidung von Missverständnissen die Bemerkung nicht überflüssig, dass für je einen Muskel entweder nur 10 Sec. oder nur 15 Secunden als Zeiteinheit benutzt ist. Indem die Darstellung nur das wirklich beobachtete Resultat giebt, unterlässt sie das Genauere der mit der Zeit veränderlichen Geschwindigkeit zu verzeichnen. Auch hierauf mache ich besonders aufmerksam, damit nicht etwa der Schein entsteht, als ob sich die Geschwindigkeiten sprungweise geändert hätten. Dieses war, wie der Augenschein lehrte, nicht der Fall; der Anschein entsteht nur dadurch, weil mir meine Beobachtungsmittel die Aenderungen der Geschwindigkeit innerhalb des Zeitraums von 10 oder 15 Sec. nicht gegeben haben, sondern nur die mittlere während der genannten Zeit.

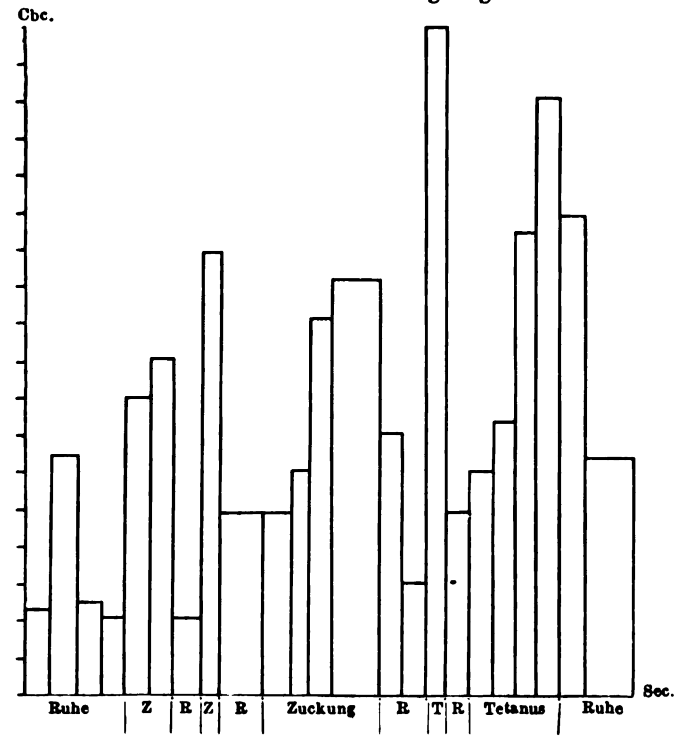


Figur 2.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Figur 2. Die Beobachtung beginnt nachdem der Nerv kurze Zeit vorher durchschnitten war. Der ersten der hier verzeichneten Ruhezeiten war demnach keine Reizung vorangegangen. In dieser Zeit steigt das Stromvolum allmälig an und [...]nt mit der Beobachtungsdauer allmälig ab. Der Nerv wurde [...] mit dazwischenliegenden Pausen dreimal je 30 Secunden [...] tetanisirt. Unmittelbar mit jedem Tetanus wuchs das

Stromvolum über den Werth an, den es vor der Reizung besessen hatte. Die Blutmenge, welche während des Tetanus entleert wurde, war zum ersten Male grösser als in jedem der beiden folgenden Male. In den Pausen, welche zwischen den Reizungen gelegen waren, nahm die Strömung allmälig wieder ab und gelangte schliesslich zu einem Werthe, der bedeutend geringer als der geringste während der Ruhezeit war, die unmittelbar auf die Nervendurchschneidung folgte.



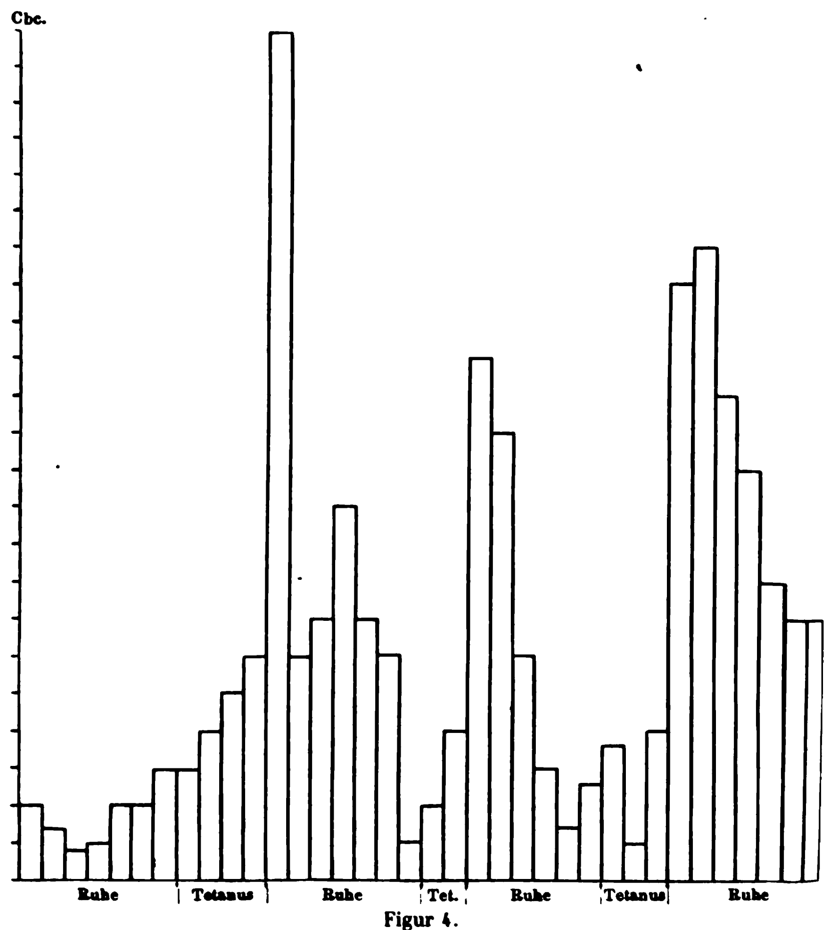
Z bedeutet Zuckung, R bedeutet Ruhe, T bedeutet Tetanus.

Figur 3.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 0.5 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Figur 3. Der Versuch beginnt nach der Durchschneidung des Nerven. Während dieser Ruhezeit steigt und fällt das Stromvolum. Der Nerv wurde fünfmal hintereinander erregt, die drei ersten Male geschah dieses so, dass der Muskel

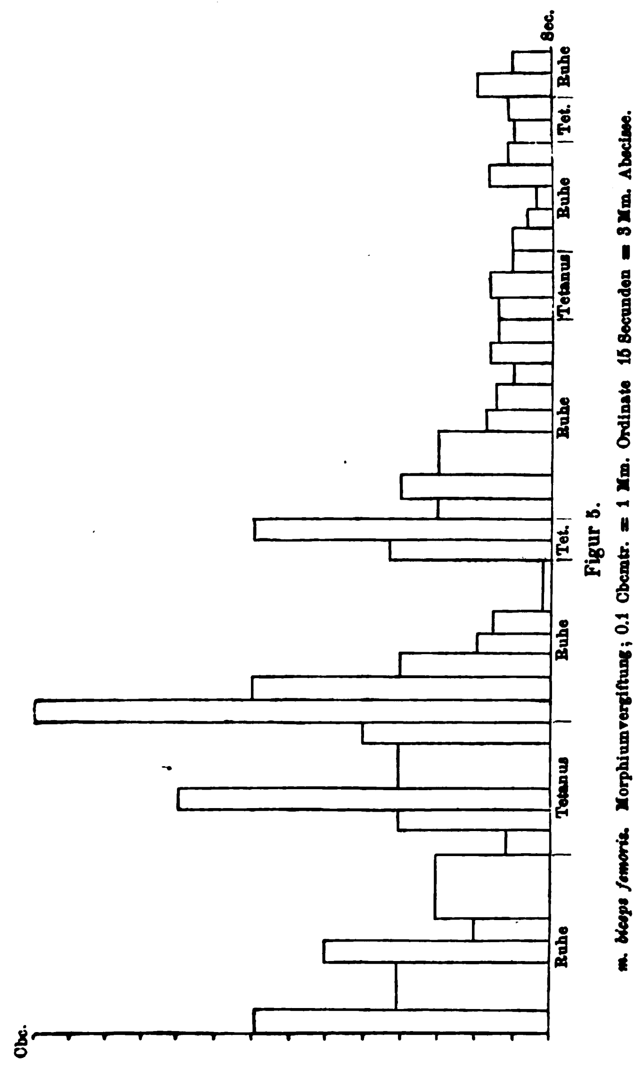
in Zuckungen gerieth, die beiden letzten Male wurde der Nerv tetanisirt. Unmittelbar mit der beginnenden Reizung wächst das Stromvolum, gleichgültig, ob die Muskeln ein klonischer oder ein tetanischer Krampf befiel. Das Anwachsen war während des Tetanus ein grösseres, als während der Zuckungen. In den Pausen nach der Reizung übertraf das Stromvolum im Mittel dasjenige, welches während der ersten vor der Reizung vorhandenen Ruhezeit anwesend war.



Figur 4.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Figur 4. Die Beobachtung beginnt nach Durchschneidung des Nerven. Während der ersten Ruhezeit sinkt zuerst das Stromvolum ab und nimmt dann allmälig wieder zu. Der Nerv wird dreimal tetanisirt. Jedesmal wächst sogleich mit dem beginnenden Reiz das Stromvolum über den Werth, welchen es vor Beginn der Reizung besessen hatte. Die beiden

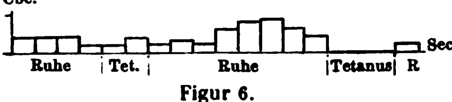


Figur 5.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

ersten Male dauert dieses Wachsthum so lange als die Reizung, während der dritten Reizung sinkt das Stromvolum vorübergehend ab. Unmittelbar nachdem die Reizung beendigt, steigt das Stromvolum mächtig an und nimmt während der Dauer der Ruhe stetig oder auch mit zwischenliegenden Steigungen ab.

Figur 5. (Siehe vorhergehende Seite.) Die Beobachtung beginnt nach der Nervendurchschneidung. Die Geschwindigkeit nimmt während dieser ersten Ruheperiode in Schwankungen ab. Es geschahen vier tetanisirende Reizungen. Während eines jeden Tetanus stieg die Geschwindigkeit an und nahm während des ersteren länger dauernden wieder ab. Jede folgende tetanische Periode zeigt eine geringere Stromgeschwindigkeit als die vorhergehende. In der ersten Ruhe nach tetanischer Reizung zeigt sich anfänglich ein sehr starker Strom, der aber allmälig bis nahe zu Null herabgeht, in der Ruhezeit nach dem zweiten und dritten Tetanus zeigt sich Anfangs die Geschwindigkeit noch als eine nicht unbeträchtliche, doch ist sie nicht mehr so gross, als nach der des vorhergehenden Krampfes, sie nimmt zudem mit der Dauer der Ruhe ab. Während des vierten Tetanus sinkt das Stromvolum unter den Werth der vorhergehenden Ruhe, und steigt in der nachfolgenden Erschlaffung wieder an. Da auch für die verschiedenen Ruhezeiten die Regel gilt, dass das Maximum des Stromvolums in jeder folgenden Periode kleiner ist als in der vorhergehenden, so nimmt schliesslich der Ausfluss Werthe an, die geringer sind als sie in der ersten Ruhe vor aller Reizung vorhanden waren.



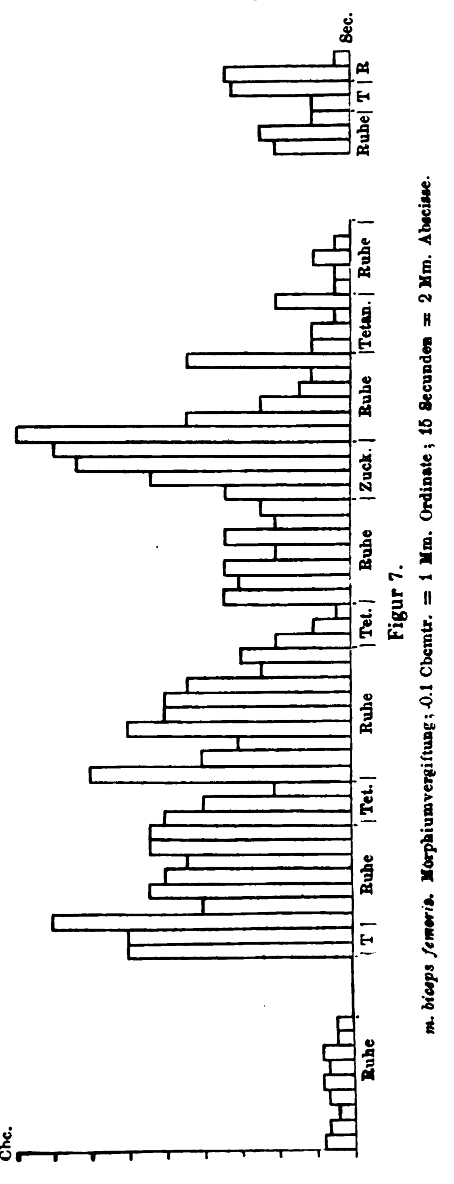
Figur 6.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Figur 6. Die Beobachtung beginnt nach Durchschneidung des Nerven. Der letztere wird im Verlauf der Beobachtung zweimal tetanisirt. Die erste der beiden Reizungen ruft keine merkliche Aenderung hervor, die zweite bedingt eine vollständige Unterbrechung des Stromes. In der zwischen der ersten und zweiten Reizung gelegenen Pause tritt allmälig ein schwaches aber deutliches Ansteigen der Stromvolumina ein.

Figur 7. Die Mittheilung des Versuchs beginnt nach Durchschneidung des Nerven. Nach dieser ersten hier verzeichneten Ruhe wurde der Nerv gereizt, ohne dass es gelang

das Blut aufzufangen. Ausser dieser eben erwähnten wurden noch sechs Reizungen angestellt, fünf tetanische und eine intermittirende. Beim ersten Tetanus ist die ausgeflossene Blutmenge eine beträchtliche und der Strom fliesst während der Reizung mit gleichbleibender Geschwindigkeit. In allen folgenden tetanischen Reizungen nimmt die Geschwindigkeit mit dem Beginn der Reizung gegen diejenige ab, welche unmittelbar vorher vorhanden war und während der Dauer des Tetanus wird der Strom schwächer und schwächer. Das Maximum der während einer tetanischen Periode vorhandenen Strömung ist in jeder folgenden Reizung geringer als in der vorhergehenden. Eine Ausnahme hiervon findet sich in der sechsten tetanischen Periode, welche eingeleitet worden war, nachdem man dem Muskel eine längere Zeit hindurch Ruhe gegönnt hatte. Unmittelbar nach Beendigung des Tetanus trat mit Ausnahme der fünften Ruhe ein starkes Anwachsen des Stromvolums ein. Aus dieser Erscheinung wird es begreiflich, dass der Ausfluss in der Zuckungs-



Figur 7.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 2 Mm. Abscisse.

periode einen beträchtlicheren Werth annahm, als während der Tetanisirung. Bemerkenswerther Weise steigt aber nach Beendigung derselben das Stromvolum noch an.

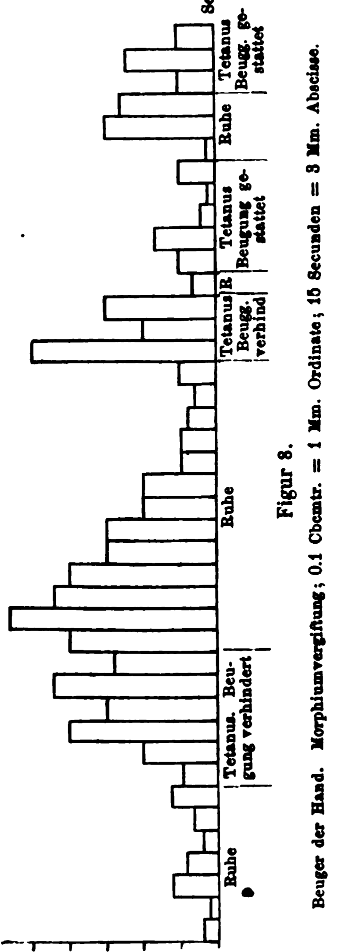
In den vorstehenden Holzschnitten sind die wesentlichsten Typen meiner Beobachtungen wiedergegeben; demnach bedingt die intermittirende und tetanische Reizung der Muskelnerven in der Regel ein Anschwellen des musculären Blutstroms. Dieses letztere erscheint um so sicherer, je weniger der Muskel schon durch vorhergehende Reizungen erschöpft ist und, insofern mich meine allerdings noch beschränkte Erfahrung nicht täuscht, um so gewisser, je lebendiger und jugendkräftiger das zur Verwendung gekommene Thier war.

Aber auch wenn die Reizung das Ausfliessen des Blutes beschleunigt, geschieht dieses nicht in immer gleicher Weise. Bald erreicht der Strom sein Maximum schon während der Zusammenziehung, andremale aber erst nachdem die Erschlaffung wiedergekehrt und niemals hält sich der Strom für längere Zeit auf gleicher Höhe, sondern es schwankt, in derselben Weise wie es *Dogiel* am Strom der *a. carotis* beobachtet hat, die Geschwindigkeit fortwährend auf und ab, selbst wenn die Zusammenziehung des Muskels tetanisch verharrte.

Der Versuch, die Ursachen dieser auffallenden Erscheinung zu ergründen, wird zuerst die Veränderungen zu berücksichtigen haben, welche durch die Formänderungen der Muskelmasse in das Strombett eingeführt werden. Nach allem, was wir über die Gestalt des zusammengezogenen Muskels wissen, müssen wir schliessen, dass durch dieselbe die Spalten, in welchen die Blutcapillaren laufen, verengt werden, sodass durch die Contraction die Widerstände, welche der Blutstrom zu überwinden hat, eher vermehrt als vermindert werden. Obwohl dieser Grund dafür spricht, dass die tetanische Contraction an und für sich nicht die Ursache der beschleunigten Strömung sein könne, so hielt ich es dennoch für gerathen, einige Versuche mit Muskeln anzustellen, welche während der tetanischen Reizung ihrer Nerven an jeglicher Formänderung dadurch gehindert waren, dass ihr oberer und unterer Ansatzpunct unverrücklich in einer bestimmten Entfernung von einander gehalten wurde.

Die Figur 8 giebt Aufschluss über den Befund eines solchen Versuchs, welcher, wie man sieht, in vollkommener Uebereinstimmung mit den Thatsachen steht, die von den Muskeln

mitgetheilt wurden, welchen die Formänderung in ausgedehntem Maasse gestattet war. Während der beiden ersten tetanischen Contractionen wurde die Beugung der Hand und des Vorderarms durchaus unmöglich gemacht und nichts desto weniger sehen wir während derselben die Geschwindigkeit des Blutstroms zu einer bedeutenden Höhe ansteigen. Als in der dritten und vierten tetanischen Reizung den Muskeln eine ausgiebige Verkürzung gestattet war, trat zwar ebenfalls eine raschere Strömung ein als sie während der ersten Ruheperiode sichtbar gewesen, aber dennoch waren während dieser Reizungen die Ausflussmengen kleiner als in den vorhergehenden Erregungen. Wenn sich nicht sehr häufig die Beobachtung wiederholte, dass während der späteren Tetanisirungen das Anwachsen des Stroms ein geringeres ist, so würde man geneigt sein, die Abschwächung der Stromschwellung auf eine Steigerung der Hindernisse zu schieben, welche durch die eingetretene Formveränderung bewirkt seien. Wie dem nun auch sein mag, jedenfalls lehrt dieser Versuch, dem ich ähnliche zur Seite stellen kann, dass die Vermehrung der musculären Stromgeschwindigkeit hier in bedeutendem Maasse eintrat, wenn die Formänderung nicht gestattet wurde, während sie in andern zahlreichen Fällen sehr mächtig zum Vorschein kam, wenn der Muskel seinem Contractionsbestreben ungehindert folgen konnte. Daraus erfliesst unmittelbar, dass die Ursache der starken Strömung, die



Figur 8.
Beuger der Hand. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

beim Tetanisiren der Muskelnerven auftritt, nicht in einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Formveränderung des Muskels zu bringen ist. Nach der Ausschliessung dieser Möglichkeit kann der Grund, nach dem wir suchen, nur in einer Erweiterung der kleinen Muskelarterien gefunden werden und es kann deshalb nur die Frage sein, ob die Erschlaffung der Muskelwand von einer Einwirkung der Nerven oder von irgend einer andern die Gefässmuskeln unmittelbar betreffenden herrührt.

Da wir schon an zahlreichen Stellen des Arteriensystems Nerven kennen, welche während ihrer Erregung den normalen Tonus der Gefässe herabsetzen, so hat es nichts Verfängliches, ähnliche Beziehungen zwischen gewissen in die Muskeln eintretenden Nerven und den Arterien derselben vorauszusetzen. Ferner bei der Unbekanntschaft, in der wir uns über die anatomischen Bedingungen finden, die zur Herstellung der erschlaffenden Nervenwirkung erfüllt sein müssen, würde es auch nicht gerade bedenklich sein, gewissen in die Muskeln eintretenden Nerven etwas ähnliches zuzuschreiben, trotzdem dass in dem Verlaufe derselben bis dahin keine Ganglien aufgefunden sind. Andererseits aber muss man eine endgiltige Entscheidung der vorliegenden Frage so lange verschieben, bis es gelungen sein wird, die Erweiterungsnerven der Muskelgefässe isolirt zu reizen, sodass das Anschwellen des Blutflusses die einzige Folge der Tetanisirung ist. An einer frühern Stelle dieser Abhandlung waren wir anderseits schon auf Thatsachen gestossen, die auch auf die Anwesenheit von verengenden Gefässnerven hinwiesen. Käme es also nur darauf an, ein Spiel von Kräften hinzustellen, mit dem die beschriebenen Erscheinungen des veränderlichen Blutstroms zu erklären seien, so würde es am nächsten liegen, die gleichzeitige Anwesenheit von Erweiterungs- und Verengungsnerven zu unterstellen. Um aber dann auch die zahlreichen Aenderungen der Stromgeschwindigkeit, welche während und nach der Tetanisirung erscheinen, aus der Anwesenheit zweier entgegengesetzt wirksamer Nervengattungen zu erläutern, würde noch der Zusatz nöthig sein, dass die Reizbarkeit einer jeden der beiden Nervenarten in der Zeit mancherlei Schwankungen erfahre. Die Lösung der Aufgabe würde also erst dann gefunden sein, wenn die Ursachen der schwankenden Reizbarkeit aufgedeckt sein würden. Obwohl der soeben ausgesprochene hypothetische Versuch, einer Erklärung näher zu

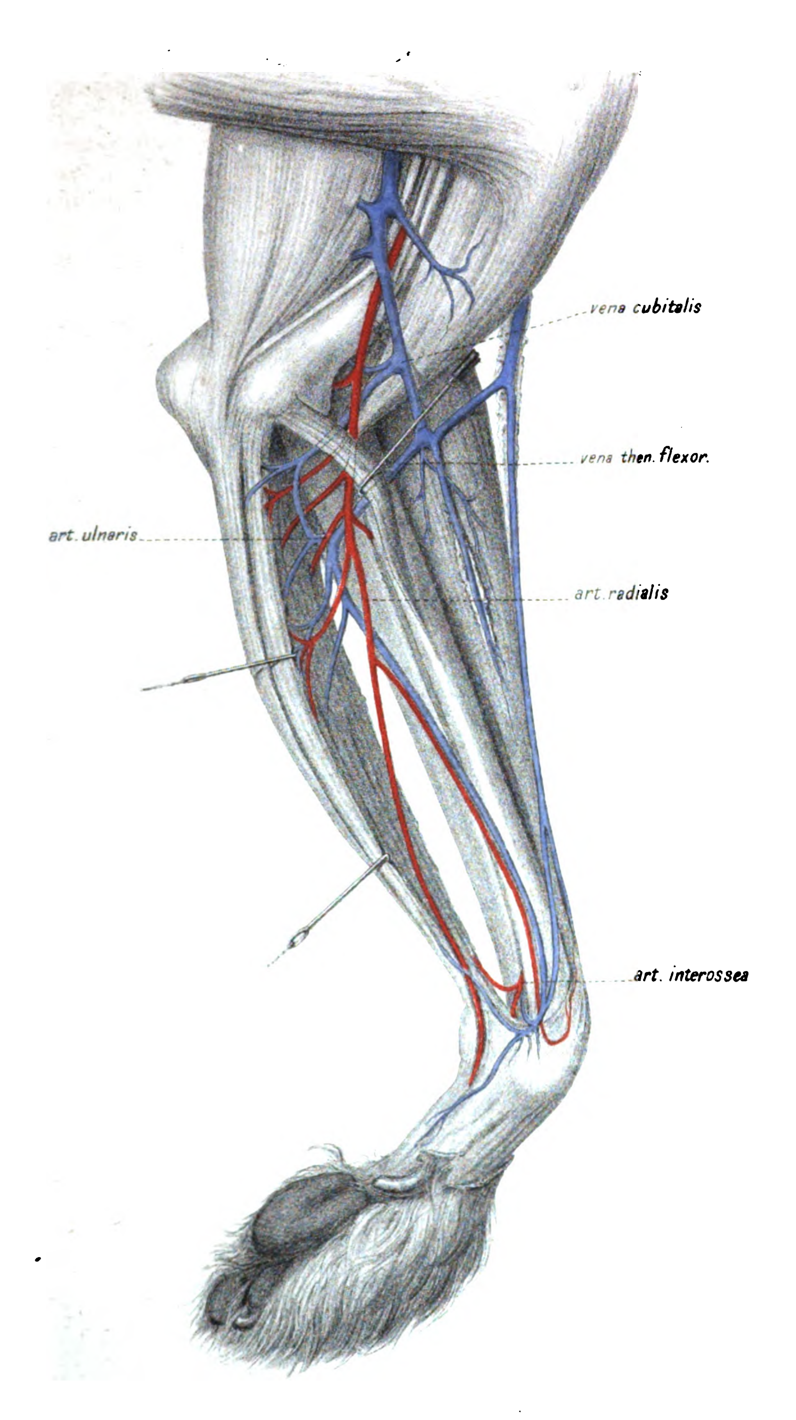
treten, gegenwärtig nicht zu widerlegen ist, so hege ich dennoch ein gewisses Misstrauen gegen ihn. Denn wenn wir auch den Kampf zweier um die Herrschaft streitender Nerven im weitesten Umfang wollten gelten lassen, so würde doch eine andere Reihe von Thatsachen den Beweis liefern, dass durch denselben nicht alles erklärbar wäre. In erster Linie zähle ich zu den von der Nervenerregung nicht ableitbaren Veränderungen diejenigen, welche der Strom eines ruhenden Muskels zeigt, dessen Nerven durchschnitten sind. Zwischen den vielen Unregelmässigkeiten, die sich hier einstellen, bietet sich jedoch eine immer wieder hervortretende Regel, die nämlich, dass ein anfänglich rascher Strom allmälig sich mehr und mehr verlangsamt. An die Allgemeingültigkeit dieses Verhaltens, wofür die mitgetheilten Figuren mehrfache Beispiele geben, glaube ich um so mehr, als sich auch eine gleiche Erscheinung sehr regelmässig wiederfindet am ausgeschnittenen, von arteriellem Blute unter constantem Druck durchströmten Muskel. Da in diesen Fällen jede Ursache zu einer veränderlichen Erregung der Nerven wegfällt, so wird man wohl genöthigt sein, die Erklärung für das angegebene Verhalten in einem Wechsel des Tonus der Gefässwände zu suchen, der mindestens von äusseren auf den Stamm der Nerven wirksamen Reizen ganz unabhängig ist.

Gesetzt aber man wollte eine selbstständige Veränderlichkeit im Verkürzungsgrade der Gefässmuskeln annehmen, so könnte man den eben erwähnten Fall am einfachsten dadurch erklären, dass die von einem anhaltenden Strom arteriellen Blutes berührten Gefässmuskeln durch irgend eine Einwirkung des Sauerstoffs zur Verkürzung geführt würden. Für diese Unterstellung lässt sich in der That noch mancherlei vorbringen.

Zunächst das Verhalten, das der Blutstrom in einem curarisirten Muskel zeigt, dessen Nerven durchschnitten sind. In einem so beschaffenen Muskel bringt, wie beispielsweise Figur 9 (folg. Seite) darlegt, die Reizung des Nerven keine Veränderung des Stromes hervor. Im Grossen und Ganzen ändert sich hier der Blutstrom überhaupt nicht, solange die künstliche Respiration hinreicht um dem Blute eine kräftig arterielle Färbung zu bewahren. Diese Erscheinung ist an und für sich auffallend unter der Annahme, dass die Aenderung des Stromes durch eine unmittelbare Einwirkung der Nerven auf die Gefässwand veranlasst werde, da bekanntlich die Gefässnerven durch das Cu-

geringen Werth herabgekommen ist, so kann man sie leicht wieder und zwar auf einen relativ hohen Werth dadurch zurückbringen, dass man den Blutstrom etwa eine halbe Stunde lang ganz unterbricht. Sowie nach dieser Pause der Strom unter dem früheren und damals fast wirkungslosen Druck von Neuem beginnt, fliesst jetzt das Blut viel rascher als vorher aus. Es steht nichts im Wege auch diese Erscheinung auf einen localen Erstickungszustand der Muskeln zurückzuführen.

Bei dieser Sachlage verdient auch die Aenderung der Farbe unsere Aufmerksamkeit, welche das Blut erfährt, das während und nach dem Tetanus aus dem Muskel des mit Morphium vergifteten Thieres hervorströmt. Ausnahmslos ist das im raschen Strome hervorkommende Blut sehr dunkel, vorausgesetzt dass es nach beendigtem Tetanus hervorquillt, und es scheint, soweit der Augenschein maassgebend ist, die Geschwindigkeit in dem Maasse abzunehmen, in welchem die gewöhnliche Farbe des venösen Blutes wiederkehrt. Auch diese Erscheinung stimmt zu der von mir versuchten Erklärung. Meiner Meinung weniger günstig ist dagegen der Umstand, dass das Blut, welches beim Beginn des Tetanus im raschen Strome hervorstürzt, sehr oft eine ausgesprochen hellrothe Farbe zeigt, gerade so wie dies dem Venenblut der gereizten Speicheldrüse eigen. Aus dieser Thatsache wäre zu schliessen, dass auch das zuletzt verwendete Erklärungsprincip nicht für alle Fälle ausreichend wäre. Welche Erklärung aber auch spätere Versuche für die Erscheinungsreihe geben, die uns hier beschäftigt hat, immerhin wird sie schon jetzt wegen ihrer physiologischen Folgen zu beachten sein. Der schwache Strom durch den ruhenden Muskel, das Ausspülen des Muskels mit Blut nach jeder Zusammenziehung, der rasche und grosse Verlust an Sauerstoff, den das dunkle Venenblut andeutet, sind Thatsachen, deren Wichtigkeit für den Stoffwechsel und die Temperatur des Muskels einleuchten. Zugleich ist bei der gegenseitigen Abhängigkeit der Strömung in den verschiedenen Abtheilungen des Aortenbaums der plötzliche Abfluss des Blutes durch die bisher mässig durchströmten Muskeln für die übrigen Reviere gewiss bedeutungsvoll und zwar um so mehr, je grösser die contrahirte Muskelmasse war.


vena cubitalis
vena then. flexor.
art. ulnaris
art. radialis
art. interossea



SITZUNG AM 27. NOV. 1869.

Carl Neumann, *Ueber die mechanische Energie der Schwefelsäure.*

Ein sorgfältiges Studium der ausgezeichneten und höchst interessanten Kirchhoff'schen, die mechanische Wärmetheorie betreffenden Abhandlungen [Pogg. Ann. 103. pag. 202 und 104. pag. 612] führte mich zu gewissen einfachen Betrachtungen, welche (so weit mir bekannt) neu sind, und welche ich hier mitzutheilen beabsichtige.

§ 1. Die Experimentaluntersuchungen von Thomsen.

Die Gewichte von einem Aequivalent *Schwefelsäurehydrat* $(SO_3 + HO)$ und von einem Aequivalent *Wasser* (HO) verhalten sich zu einander wie 612,6 zu 112,5, d. i. wie 49 zu 9. [Vrgl. Wöhlers Chemie. Berlin 1854. pag. 59]. Ist also x eine beliebige Zahl, so werden sich die Gewichte von $(SO_3 + HO)$ und $x(HO)$ zu einander verhalten wie 49 zu 9 x. Werden daher die in Kilogrammen ausgedrückten Gewichte von

$$(SO_3 + HO) \quad \text{und} \quad x(HO)$$

bezeichnet mit

$$s \quad \text{und} \quad m,$$

so findet die Relation statt:

$$s : m = 49 : 9\,x$$

oder

$$x = \frac{49m}{9s}. \tag{1}$$

Werden die s Kilogramme Schwefelsäurehydrat und die m Kilogramme Wasser mit einander gemischt, so wird nach

den experimentellen Untersuchungen von Thomsen in Copenhagen [Pogg. Ann. 90. pag. 278] eine Wärmemenge F frei, durch welche eine Wassermasse von s Kilogramm in ihrer Temperatur gesteigert werden kann um $\frac{\alpha x}{\beta + x}$ Grade Celsius, wo $\alpha = 177,1$ und $\beta = 1,7446$ ist. Folglich wird durch jene Wärmemenge F die Temperatur von ns Kilogramm Wasser gesteigert werden um $\frac{1}{n} \frac{\alpha x}{\beta + x}$ Grade Celsius. Nimmt man statt der Zahl n die Zahl $\frac{\alpha x}{\beta + x}$, so ergiebt sich, dass durch jene Wärmemenge F die Temperatur von $\frac{\alpha x s}{\beta + x}$ Kilogramm Wasser gesteigert werden wird um gerade 1 Grad Celsius. Zufolge der gewöhnlichen Festsetzungen über die Messung der Wärme ist daher

$$F = \frac{\alpha x s}{\beta + x}, \tag{2}$$

oder, wenn für x der Werth (1) substituirt wird:

$$F = \frac{\alpha m}{\frac{9\beta}{49} + \frac{m}{s}},$$

d. i.

$$F = \frac{\alpha m}{\gamma + \frac{m}{s}}, \tag{3}$$

wo $\alpha = 177,1$, und $\gamma = \frac{9}{49}\beta = \frac{9}{49} \cdot 1,7446$ ist. *Diese Formel mag kurzweg die Thomsen'sche Formel heissen. Sie repräsentirt diejenige Wärmemenge, welche frei wird, wenn s Kilogramm Schwefelsäurehydrat und m Kilogramm Wasser mit einander gemischt werden.* *)

---

*) Diese Formel (2) oder (3) ist experimentell nur bestätigt für *ganze* Werthe der Zahl x. Trotzdem soll im Folgenden (nach dem Vorgange Kirchhoff's) vorausgesetzt werden, dass sie gültig ist für *gebrochene* Werthe von x. — Ferner kann jene Formel, strenge genommen, nur gültig sein für *eine* Temperatur. Mit Hülfe der von Person über die specifischen Wärmen verschiedner Schwefelsäuren erhaltenen Resultate hat aber Kirchhoff nachgewiesen, dass die Aenderungen welche F erleidet, wenn man von *einer* Temperatur zu einer *andern* übergeht, nur klein sein können und in erster Annäherung vernachlässigt werden dürfen.

Wir wollen den Ausdruck (3), in seiner Abhängigkeit von m, mit $F(m)$ bezeichnen. Also

$$F = F(m) = \frac{\alpha m}{\gamma + \frac{m}{s}}. \tag{4}$$

In eine gegebene Quantität von s Kilogramm Schwefelsäurehydrat mag successive mehr und mehr Wasser hineingeschüttet werden; dabei wird dann successive mehr und mehr Wärme sich entwickeln. Wir betrachten drei Zeitpuncte A, B, C dieses Vorganges, den Augenblick A, in welchem noch gar kein Wasser zugeschüttet ist, und diejenigen Augenblicke B und C, in denen die Menge des zugeschütteten Wassers respective m und $m + dm$ Kilogramm beträgt. Die im Zeitintervall AB frei werdende Wärmemenge hat nach (4) den Werth

$$F_{AB} = F(m).$$

Ebenso ergiebt sich für die im Zeitintervall AC frei werdende Wärmemenge aus (4) der Werth:

$$F_{AC} = F(m + dm).$$

Hieraus durch Subtraction ergiebt sich diejenige Wärmemenge, welche entwickelt wird während des Zeitintervalles BC. Also:

$$F_{BC} = F(m + dm) - F(m) = \frac{F(m + dm) - F(m)}{dm} dm,$$

d. i.

$$F_{BC} = \frac{dF(m)}{dm} dm,$$

oder wenn man für $F(m)$ seine eigentliche Bedeutung (4) substituirt:

$$F_{BC} = \frac{\alpha\gamma}{\left(\gamma + \frac{m}{s}\right)^2} dm = \frac{\alpha\gamma}{(\gamma + k)^2} dm, \tag{5}$$

wo $k = \frac{m}{s}$ den *Wassergehalt* der Mischung im Augenblick B repräsentirt. Denn mit dem Namen *Wassergehalt* wollen wir bezeichnen die in der betrachteten Mischung enthaltene *Wasser*menge, dieselbe dividirt durch die darin enthaltene Menge von *Schwefelsäurehydrat*. Somit erhalten wir folgendes Resultat:

Wird eine kleine Quantität Wasser, deren Gewicht dm Kilogramm beträgt, in eine aus m Kilogramm Wasser und s Kilo-

gramm Schwefelsäurehydrat bestehende Mischung hineingeschüttet, so wird die hiebei frei werdende Wärmemenge dF den Werth besitzen:

$$dF = \frac{\alpha \gamma dm}{(\gamma + k)^2}, \tag{6}$$

wo $\alpha = 177{,}1$ *und* $\gamma = \frac{9}{49} \cdot 1{,}7446$ *ist. Hier repräsentirt* k *den Wassergehalt der Mischung, d. i. den Werth des Quotienten* $\frac{m}{s}$.

§ 2. Die Energie einer Mischung von Wasser und Schwefelsäurehydrat.

Für eine Mischung, welche zusammengesetzt ist aus m Kilogramm Wasser und s Kilogramm Schwefelsäurehydrat, deren Wassergehalt k mithin $= \frac{m}{s}$ ist, mag die *specifische Energie* (d. i. die Energie für *ein* Kilogramm der Mischung) bezeichnet werden mit η. Dieses η wird eine Function sein von drei Argumenten:

$$\eta = \eta\,(k, t, p), \tag{7}$$

nämlich abhängig sein 1) von der Natur der Flüssigkeit, d. i. von k, 2) von der Temperatur t, und 3) vom Druck p. Im Folgenden werden wir aber mit *constanter* Temperatur und *constantem* Druck operiren, und zwar mit denjenigen Werthen, welche Temperatur und Druck besitzen müssen, wenn die Thomsen'sche Formel gelten soll. Demgemäss mag gesetzt werden:

$$\begin{aligned} \eta &= \eta\,(k, t, p) = \eta\,(k), \\ \eta' &= \eta\,(\infty, t, p) = \eta\,(\infty). \end{aligned} \tag{8}$$

Alsdann repräsentirt η' die specifische Energie für den Specialfall $k = \infty$, d. i. für $\frac{m}{s} = \infty$. Folglich wird η' die specifische Energie für *reines Wasser* sein.

Ein oben offener Kasten sei durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen zerlegt. In der einen befinde sich eine Quantität der gegebenen Mischung, bestehend aus m Kilogramm Wasser und s Kilogramm Schwefelsäurehydrat; in der andern befinde sich eine sehr kleine Quantität reines Wasser, deren

Gewicht dm Kilogramm betragen mag. Das sei der Zustand im Augenblick A.

Die Scheidewand wird entfernt. Die beiden Flüssigkeiten $(s+m)$ und (dm) vermischen sich miteinander. Die hierbei frei werdende Wärmemenge dF wird *abgeleitet*, also die anfänglich vorhanden gewesene Temperatur wiederhergestellt. Der Zeitaugenblick, in welchem diese Operationen vollendet sind, mag bezeichnet werden mit B.

Verstehen wir unter E die Energie der beiden Flüssigkeiten $(s+m)$ und (dm) zusammengenommen [und zwar mit Bezug auf einen *beliebigen* Zeitaugenblick, gleichgültig ob die Flüssigkeiten in diesem Augenblick schon miteinander vermischt, oder noch von einander getrennt sind], und bringen wir den allgemeinen Satz

$$(9) \qquad dE = JdQ - pdv, \qquad (J = 424)$$

auf das Zeitintervall AB in Anwendung, so ergiebt sich:

$$(10) \qquad dE = E_B - E_A = -JdF - p(v_B - v_A).$$

Denn die während jenes Zeitintervalls consumirte Wärmemenge dQ ist $= -dF$; und der Druck p ist während des Zeitintervalls constant geblieben, nämlich gleich dem Druck der Atmosphäre. Mit Vernachlässigung der (erfahrungsmässig nur sehr geringen) Contraction $v_B - v_A$ ergiebt sich daher aus (4):

$$(11) \qquad E_B - E_A = -JdF.$$

Hier ist die Differenz $E_B - E_A$ berechnet worden durch Betrachtung desjenigen Vorganges, der den Zustand A hinüberführt in den Zustand B. Aber es kann diese Differenz auch berechnet werden direct durch Betrachtung der Zustände A und B selber. Offenbar ist nämlich:

$$(12) \qquad E_A = (s+m)\,.\,\eta(k) + dm\,.\,\eta(\infty) = (s+m)\,\eta + dm\,.\,\eta',$$

$$E_B = (s+m+dm)\,.\,\eta\,(k+dk) = (s+m+dm)\,(\eta + \frac{d\eta}{dk}dk),$$

wo $k = \frac{m}{s}$ und $k + dk = \frac{m+dm}{s}$ ist. Folglich wird mit Vernachlässigung der kleinen Grössen zweiter Ordnung:

$$(13) \qquad E_B - E_A = dm\,(\eta - \eta') + (s+m)\,\frac{d\eta}{dk}dk,$$

oder wenn man für dk seinen Werth $\frac{dm}{s}$ substituirt:

$$(14) \qquad E_B - E_A = dm\,(\eta - \eta') + (1 + k)\frac{d\eta}{dk}dm.$$

Durch Vergleichung der beiderlei Resultate (11) und (14) folgt:

$$-J\frac{dF}{dm} = (\eta - \eta') + (1 + k)\frac{d\eta}{dk},$$

d. i.

$$(15) \qquad J\frac{dF}{dm} = (\eta' - \eta) - (1 + k)\frac{d\eta}{dk}.$$

Diese Formel (15) *repräsentirt den theoretischen Ausdruck für ebendieselbe Wärmemenge dF, welche in* (6) *auf empirischem Wege bestimmt worden ist.* Setzt man diese beiderlei Werthe von dF einander gleich, so erhält man:

$$(16) \qquad (\eta' - \eta) - (1 + k)\frac{d\eta}{dk} = \frac{J\alpha\gamma}{(\gamma + k)^2}.$$

oder weil $\eta' = \eta\,(\infty)$ von k unabhängig ist:

$$(17) \qquad -(\eta - \eta') - (1 + k)\frac{d(\eta - \eta')}{dk} = \frac{J\alpha\gamma}{(\gamma + k)^2}.$$

Hieraus kann nun leicht, durch Integration, $(\eta - \eta')$ als Function von k bestimmt werden. Man bemerkt nämlich zunächst, dass die Gleichung (17) in folgende Gestalt versetzt werden kann:

$$(18) \qquad -\frac{d}{dk}\Big((1+k)(\eta-\eta')\Big) = -\frac{d}{dk}\left(\frac{J\alpha\gamma}{\gamma+k}\right);$$

und hieraus folgt sofort:

$$(19) \qquad (1+k)(\eta-\eta') = \frac{J\alpha\gamma}{\gamma+k} + C,$$

wo C eine unbekannte Constante ist. Die Bedeutung von C ergiebt sich, sobald man die Formel anwendet auf den Specialfall $k=0$; denn alsdann erhält man:

$$\eta^0 - \eta' = J\alpha + C,$$

d. i.

$$(20) \qquad C = \eta^0 - \eta' - J\alpha,$$

wo das [für η (∞) gesetzte] η' die specifische Energie des reinen Wassers bedeutet, und wo ebenso das [für η (0) gesetzte] η^0 die specifische Energie des reinen Schwefelsäurehydrats bezeichnet. Aus (19) und (20) folgt sofort:

$$(1 + k)(\eta - \eta') = (\eta^0 - \eta') - \frac{J\alpha k}{\gamma + k},$$

mithin

$$\eta - \eta' = \frac{\eta^0 - \eta'}{1 + k} - \frac{J\alpha k}{(1 + k)(\gamma + k)}. \tag{21}$$

Somit ergiebt sich der Satz:

Ist $\eta(k)$ die specifische Energie einer aus Schwefelsäurehydrat und Wasser bestehenden Mischung, deren Wassergehalt $= k$, und sind demgemäss $\eta(0)$ und $\eta(\infty)$ die specifischen Energien für reines Schwefelsäurehydrat und für reines Wasser, so wird $\eta(k)$ eine von k abhängende Function sein, welche unter Anwendung der beiden Constanten $\eta(0)$ und $\eta(\infty)$ in folgender Weise sich ausdrücken lässt:

$$\eta(k) - \eta(\infty) = \frac{\eta(0) - \eta(\infty)}{1 + k} - \frac{J\alpha k}{(1 + k)(\gamma + k)} \tag{22}$$

Hier sind α, γ die bei (3) angegebenen Zahlen, und $J = 424$. Dabei wird immer vorausgesetzt, dass man unter der specifischen Energie einer Substanz diejenige versteht, welche enthalten ist in einem Kilogramm derselben.

§ 3. Schlussbemerkungen.

Als Ausgangspunct der hier angestellten Betrachtung diente die für *Schwefelsäurehydrat* bei Zusatz von Wasser gefundene Formel (3). Es mag angenommen werden, in experimenteller Weise sei eine analoge Formel gefunden, bezüglich auf diejenige Wärmemenge, welche irgend eine *andere Substanz* bei Zusatz von Wasser entwickelt. Diese Formel laute:

$$F = m\varphi\left(\frac{m}{s}\right) = m\varphi(k), \tag{23}$$

wo $\varphi(k)$ irgend eine Function von k repräsentirt, und $k = \frac{m}{s}$

ist. Alsdann würde man, was diese neue Substanz anbelangt, an Stelle der Formel (22) folgende erhalten:

$$(24) \qquad \eta(k) - \eta(\infty) = \frac{\eta(0) - \eta(\infty)}{1 + k} - \frac{Jk\varphi(k)}{1+k} .$$

Dabei ist wieder vorausgesetzt, dass die kleine Volumveränderung, welche bei Vermischung der betrachteten Substanz mit Wasser entsteht, vernachlässigt werden kann. Uebrigens würde es leicht sein, dasjenige Glied anzugeben, welches der Formel (24) noch hinzuzufügen ist, sobald eine solche Vernachlässigung nicht mehr gestattet ist.

Carl Neumann, *Ueber die Entwicklung einer Function nach Quadraten und Producten der Fourier-Bessel'schen Functionen.*

In meiner Schrift über die Bessel'schen Functionen (Leipzig, 1867) ist neben den *Bessel'schen Transcendenten* $J^n(z)$ eine gewisse *neue Function* $O^n(z)$ in die Untersuchung eingeführt worden. Die Function $J^n(z)$ wird bekanntlich definirt durch die unendliche Reihe:

$$(1)\quad J^n(z) = \frac{z^n}{2^n \Pi n}\left(1 - \frac{z^2}{2 \cdot 2n+2} + \frac{z^4}{2 \cdot 4 \cdot 2n+2 \cdot 2n+4} - \dots\right),$$

wo $\Pi n = 1 \cdot 2 \cdot 3 \dots n$, und $\Pi 0 = 1$ ist. Andererseits ist unter $O^n(z)$ eine ganze rationale Function von $\frac{1}{z}$ zu verstehen, welche, jenachdem n gerade oder ungerade ist, ihren Ausdruck findet durch eine der beiden (bei einem gewissen Gliede von selber abbrechenden) Formeln:

$$(2)\quad O^n(z) = \frac{1}{z}\left(1 + \frac{n^2}{z^2} + \frac{n^2(n^2-2^2)}{z^4} + \frac{n^2(n^2-2^2)(n^2-4^2)}{z^6} + \dots\right)$$

(gerades n),

$$O^n(z) = \frac{n}{z^2}\left(1 + \frac{n^2-1^2}{z^2} + \frac{(n^2-1^2)(n^2-3^2)}{z^4} + \frac{(n^2-1^2)(n^2-3^2)(n^2-5^2)}{z^6} + \dots\right)$$

(ungerades n).

Eine andere und einfachere Darstellungsart ergiebt sich (vrgl. die citirte Schrift p. 15) für diese Functionen $O^n(z)$, wenn man die vorstehenden Ausdrücke in *umgekehrter* Weise, (nach steigenden statt nach fallenden Potenzen von z) ordnet. Man findet alsdann für *jedes beliebige* n (gleichgültig ob n gerade oder ungerade ist) die Formel:

$$(3)\quad \varepsilon_n O^n(z) = \frac{2^n \Pi n}{z^{n+1}}\left(1 + \frac{z^2}{2 \cdot 2n-2} + \frac{z^4}{2 \cdot 4 \cdot 2n-2 \cdot 2n-4} + \dots \text{fin.}\right),$$

wo unter ε_n eine Zahl zu verstehen ist, welche den Werth 1 hat für $n = 0$, den Werth 2 für $n > 0$. Indessen leidet diese Formel an der Unbequemlichkeit, dass sie nicht von selber abbricht, des *Abbruchs aber bedarf*, (was angedeutet sein soll durch das zugesetzte fin.). Die Function $O^n(z)$ ist nämlich, zufolge ihrer ursprünglichen Definition (2), eine *ganze rationale Function von* $\frac{1}{z}$, *welche verschwindet für* $\frac{1}{z} = 0$. Und die Glieder der Formel (3) sind nur so weit fortzusetzen, als es mit diesem Character der Function verträglich. Das *letzte* in die Parenthese jener Formel noch aufzunehmende Glied lautet daher, je nachdem n gerade oder ungerade ist, entweder

$$\frac{z^n}{2.4\ldots n.2n-2.2n-4\ldots n} \quad \text{(gerades } n\text{)},$$

oder

$$\frac{z^{n-1}}{2.4\ldots n-1.2n-2.2n-4\ldots n+1} \quad \text{(ungerades } n\text{)}.$$

Mit Bezug auf diese Functionen sind von mir (vrgl. die citirte Schrift Seite 32, 34) folgende Sätze aufgestellt worden:

Sind x, y complexe, der Bedingung mod $x <$ mod y unterworfene Variable, so kann der Bruch $\frac{1}{y-x}$ in folgende Reihe entwickelt werden:

$$(4.a) \qquad \frac{1}{y-x} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varepsilon_n J^n(x)\, O^n(y)$$

Diese Entwicklung nämlich wird jederzeit g ü l t i g, *d. i. convergent und gleichwerthig mit dem gegebenen Bruch sein, solange mod $x <$ mod y bleibt.*

Repräsentirt R eine reelle Constante, und $f(z)$ eine gegebene Function, welche eindeutig und stetig ist, solange mod $z < R$ bleibt, so wird jederzeit eine Entwicklung existiren:

$$(4.b) \qquad f(z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \alpha_n J^n(z),$$

welche gültig ist für jeden der Bedingung mod $z < R$ entsprechenden Werth von z. — Die constanten Coefficienten α_n dieser Entwicklung finden ihre Bestimmung durch die Formel:

$$\alpha_n = \frac{\varepsilon_n}{2\pi i} \int_{(r)} f(z)\, O^n(z)\, dz,$$

die Integration positiv hinerstreckt längs irgend einer Kreislinie, deren Mittelpunct bei $z = 0$ liegt, und deren Radius r kleiner als R ist.

In diesen Sätzen ist unter ε_n eine Zahl zu verstehen, welche für $n = 0$ den Werth 1, hingegen für $n > 0$ den Werth 2 besitzt.

Vor einiger Zeit ist von Lommel (Studien über die Bessel'schen Functionen von Dr. Eugen Lommel, Leipzig 1868, S. 50) die Vermuthung ausgesprochen worden, dass für eine *gerade* Function $f(z)$ wohl auch eine Entwickelung nach den *Quadraten* der Bessel'schen Functionen möglich sein dürfte. Die so angeregte Frage gab Veranlassung zu der nachfolgenden Untersuchung, und wird durch diese Untersuchung dahin beantwortet werden, dass eine solche nach den Quadraten der Bessel'schen Functionen fortschreitende Entwickelung

$$f(z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} x_n \, [J^n(z)]^2$$

jederzeit existiren muss, falls nur die zu entwickelnde Function $f(z)$ innerhalb eines um den Punct $z = 0$ beschriebenen Kreises den Bedingungen der Eindeutigkeit und Stetigkeit, und daneben der Bedingung $f(z) = f(-z)$ Genüge leistet. Zugleich auch wird die allgemeine Methode dargelegt werden, nach welcher bei einer derartigen Entwicklung die Coefficienten x_n zu bestimmen sind.

§ 1. Die Entwicklung einer geraden Potenz.

Ist von einer Function $f(z)$ bekannt, dass sie auf der z-Ebene allenthalben eindeutig und stetig ist, und ferner bekannt, dass sie längs irgend einer (beliebig kurzen) Linie verschwindet, so folgt daraus bekanntlich, dass sie auf der z-Ebene *allenthalben* verschwindet. Den eben genannten Voraussetzungen wird aber entsprochen, wenn man für $f(z)$ folgenden Ausdruck nimmt:

$$f(z) = [J^n(z)]^2 - \frac{1}{\pi}\int_0^\pi J^{2n}(2z \sin\omega)\, d\omega.$$

Denn dass diese Function auf der z-Ebene allenthalben ein-

deutig und stetig ist, folgt aus den Eigenschaften der Bessel'schen Transcendenten; und andererseits ist bekannt (vrgl. meine schon citirte Schrift, S. 70), dass sie verschwindet für *reelle* Werthe von z, also verschwindet *längs der reellen Achse*. Somit ergiebt sich, dass diese Function auf der z-Ebene *allenthalben* verschwindet. Wir haben daher den Satz:

Für jeden beliebigen Werth der complexen Variablen z findet die Formel statt:

$$(5) \qquad [J^n(z)]^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi J^{2n}(2z \sin \omega)\, d\omega.$$

Dabei ist indessen vorausgesetzt, dass n eine ganze Zahl ist.

Unter Anwendung dieses Satzes wird es nun leicht sein, jede der Potenzen

$$z^0,\ z^2,\ z^4, \ldots\ldots z^{2p}, \ldots\ldots$$

nach den Quadraten der Bessel'schen Functionen zu entwickeln. Wir setzen zuvörderst:

$$(6) \qquad z^{2p} = C.\frac{1}{\pi} \int_0^\pi (2z \sin \omega)^{2p}\, d\omega,$$

und erhalten alsdann zur Bestimmung der Constanten C die Gleichung

$$1 = C.\frac{1}{\pi} \int_0^\pi (2 \sin \omega)^{2p}\, d\omega,$$

und hieraus durch Ausführung der Integration:

$$1 = C.\frac{\Pi 2p}{\Pi p . \Pi p},$$

mithin:

$$C = \frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p},$$

wo (wie schon früher) $\Pi n = 1 . 2 . 3 \ldots n$, und $\Pi 0 = 1$ sein soll. Somit geht die Formel (6) über in:

$$(7) \qquad z^{2p} = \frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p}\, \frac{1}{\pi} \int_0^\pi (2z \sin \omega)^{2p}\, d\omega.$$

Versteht man unter ζ eine complexe Variable, so wird ζ^{2p} eine Function von ζ sein, welche auf der ζ-Ebene, mit Ausnahme der unendlich fernen Puncte, überall eindeutig und stetig ist, und welche also, zufolge eines bereits erwähnten Satzes (4), für jeden endlichen Werth von ζ darstellbar ist durch eine nach den Bessel'schen Functionen fortschreitende Entwicklung:

$$\zeta^{2p} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \alpha_n J^n(\zeta).$$

Addirt man die beiden Formeln, welche bei Anwendung dieser Entwicklung für $(+\zeta)^{2p}$ und $(-\zeta)^{2p}$ sich ergeben, und beachtet man, dass die Bessel'sche Function $J^n(\zeta)$ gerade oder ungerade ist, je nachdem ihr n gerade oder ungerade, so ergiebt sich:

$$(8) \qquad \zeta^{2p} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \alpha_{2n} J^{2n}(\zeta).$$

Diese Entwicklung ist gültig für jeden endlichen Werth von ζ. Sie kann daher sofort in Anwendung gebracht werden auf den Werth $\zeta = 2z \sin \omega$, und liefert alsdann:

$$(2z \sin \omega)^{2p} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \alpha_{2n} J^{2n}(2z \sin \omega).$$

Hierdurch aber gewinnt die Formel (7) folgende Gestalt:

$$z^{2p} = \frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p} \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \left\{ \sum_{n=0}^{n=\infty} \alpha_{2n} J^{2n}(2z \sin \omega) \right\} d\omega,$$

also mit Rücksicht auf (5) folgende:

$$(9) \qquad z^{2p} = \frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p} \sum_{n=0}^{n=\infty} \alpha_{2n} [J^n(z)]^2.$$

Aus (8) und (9) ergiebt sich daher folgender Satz:

Versteht man unter p eine der Zahlen 0, 1, 2, 3, ... ∞, so kann die Potenz z^{2p} in eine nach den Quadraten der Bessel'schen Functionen fortschreitende Reihe entwickelt werden, welche gültig bleibt für jeden endlichen Werth von z.

Bezeichnet man die Entwicklung der Potenz z^{2p} nach den Bessel'schen Functionen mit

$$z^{2p} = \alpha_0 J^0(z) + \alpha_2 J^2(z) + \alpha_4 J^4(z) + \ldots\ldots$$

so wird ihre nach den Quadraten der Bessel'schen Functionen fortlaufende Entwicklung folgendermassen lauten:

$$(10)\quad z^{2p} = \frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p}\Big(\alpha_0[J^0(z)]^2 + \alpha_2[J^1(z)]^2 + \alpha_4[J^2(z)]^2 + \ldots\ldots\Big).$$

Die Coefficienten der letztern Entwicklung sind also proportional mit denen der erstern, nämlich von diesen nur verschieden durch den gemeinschaftlichen Factor $\frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p}$.

Die Entwicklungen von $z^0, z^2, z^4, z^6, \ldots\ldots$ nach den Bessel'schen Transcendenten wurden bekanntlich schon von Schlömilch aufgestellt. Sie lauten (vgl. meine Schrift über die Bessel'schen Functionen Seite 39) folgendermassen:

$$(10.a)\quad \begin{aligned} 1 &= J^0(z) + 2\Sigma J^{2q}(z), \\ z^2 &= 2\Sigma 4q^2 J^{2q}(z), \\ z^4 &= 2\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)J^{2q}(z), \\ z^6 &= 2\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)J^{2q}(z), \\ z^8 &= 2\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)(4q^2-6^2)J^{2q}(z), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

wo die Summationen Σ hinzuerstrecken sind über die Zahlen $q = 1, 2, 3, 4, \ldots \infty$. Hieraus nun ergeben sich, mit Hülfe des eben erhaltenen Satzes, augenblicklich die Entwicklungen dieser Potenzen nach den *Quadraten* der Bessel'schen Functionen. Man findet:

$$(10.b)\quad \begin{aligned} 1 &= [J^0(z)]^2 + 2\Sigma[J^q(z)]^2, \\ z^2 &= \frac{1}{2}.2\Sigma 4q^2[J^q(z)]^2, \\ z^4 &= \frac{1.2}{3.4}.2\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)[J^q(z)]^2, \\ z^6 &= \frac{1.2.3}{4.5.6}.2\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)[J^q(z)]^2, \\ z^8 &= \frac{1.2.3.4}{5.6.7.8}.2\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)(4q^2-6^2)[J^q(z)]^2, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

wo wiederum $q = 1, 2, 3, 4, \ldots\ldots \infty$ diejenigen Zahlen sind, über welche die Summationen Σ hinzuerstrecken sind. Alle diese Entwicklungen (10.*a*, *b*) sind gültig für jeden endlichen Werth von z, gültig für sämmtliche Puncte der z-Ebene.

Eine Function $f(z)$, welche innerhalb eines um den Punct $z = 0$ beschriebenen Kreises eindeutig, stetig und gerade

bleibt, ist bekanntlich innerhalb dieses Kreises darstellbar durch eine nach den geraden Potenzen von z fortschreitende Reihe. Zufolge des Satzes (10) wird nun jedes Glied dieser Reihe entwickelbar sein nach den $[J^n(z)]^2$; und in solcher Weise wird sich für die Function $f(z)$ eine ebenfalls nach der $[J^n(z)]^2$ fortschreitende Reihe ergeben. Im folgenden Paragraphen werden wir das Gebiet festzustellen suchen, innerhalb dessen eine solche Reihenentwicklung *gültig*, d. i. convergent und gleichwerthig mit $f(z)$ ist.

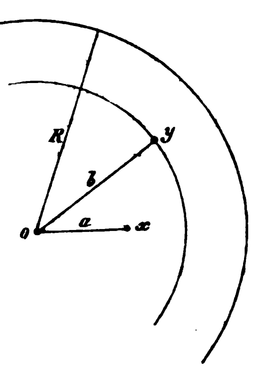
§ 2. Die Entwickelung einer geraden Function.

Auf der z-Ebene sei ein Kreis beschrieben um den Punct 0 (d. i. $z = 0$), mit dem Radius R; und $f(z)$ sei eine gegebene Function, welche für alle der Bedingung

$$\text{mod}\, z < R \tag{11}$$

entsprechenden Werthe von z *eindeutig, stetig und gerade* ist. Das Verhalten der Function in den *Randpuncten* der Kreisfläche (R), d. i. für $\text{mod}\, z = R$ wird also als unbekannt betrachtet.

Unter den unendlich vielen der Bedingung (11) genügenden Puncten z werde irgend ein *bestimmter* Punct ausgewählt. Dieser mag mit x, und sein Abstand vom Mittelpuncte mit a bezeichnet werden. Ferner mag *dem Puncte x entsprechend* ein Hülfskreis construirt werden, der concentrisch ist mit dem gegebenen Kreise und *dessen Radius b an den Punct x gebunden ist durch die Relation:*



$$b = \frac{R + \text{mod}\, x}{2} = \frac{R + a}{2}. \tag{12}$$

Die auf der Peripherie des Hülfskreises befindlichen Puncte mögen mit y bezeichnet werden; und diesen Bezeichnungen entsprechend mag gesetzt werden:

$$\begin{aligned} x &= a e^{i\alpha} = a \cos \alpha + i\, a \sin \alpha, \\ y &= b e^{i\beta} = b \cos \beta + i\, b \sin \beta. \end{aligned} \tag{13}$$

Zufolge eines bekannten Cauchy'schen Theorems kann der Werth der gegebenen Function f in dem betrachteten Puncte x dargestellt werden durch das Integral *)

$$(14) \qquad f(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(b)} \frac{f(y)dy}{y-x},$$

die Integration positiv hinerstreckt längs der Peripherie des Hülfskreises (b). Da $a < b$, d. i. mod $x <$ mod y, mithin

$$\frac{1}{y-x} = \frac{1}{y} + \frac{x}{y^2} + \frac{x^2}{y^3} + \ldots\ldots$$

ist, so kann die Formel (14) so dargestellt werden:

$$(15) \qquad f(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(b)} \left(\frac{f(y)}{y} + \frac{xf(y)}{y^2} + \frac{x^2f(y)}{y^3} + \ldots\right)dy.$$

Die Function f ist innerhalb des gegebenen Kreises *gerade*; daher hat $f(y)$ an je zwei diametral entgegengesetzten Stellen der Kreislinie (b) einerlei Werth; folglich wird das längs jener Kreislinie (b) hinerstreckte Integral

$$\int_{(b)} \frac{f(y)dy}{y^n}$$

für jedes *gerade* n verschwinden. Auf der rechten Seite der Formel (15) werden daher alle diejenigen Glieder verschwinden, deren Nenner mit *geraden* Potenzen von y behaftet sind. Somit ergiebt sich:

$$(16) \qquad f(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(b)} \left(\frac{f(y)}{y} + \frac{x^2f(y)}{y^3} + \frac{x^4f(y)}{y^5} + \ldots\right)dy,$$

oder, was dasselbe ist:

$$(17) \quad f(x) = C_0 + C_2x^2 + C_4x^4 + \ldots, \qquad C_{2p} = \frac{1}{2\pi i}\int_{(b)} \frac{f(y)dy}{y^{2p+1}}.$$

Diese Reihe (16) oder (17) wird also für den betrachteten Punct x *gültig*, d. i. *convergent und gleichwerthig mit* $f(x)$ *sein.*

---

*) Die über die gegebene Function $f(z)$ zu Grunde gelegten Voraussetzungen beschränken sich durchweg auf diejenigen Puncte z, für welche mod $z < R$ ist. Die Beschaffenheit derjenigen Werthe, welche $f(z)$ für mod $z = R$ besitzt, ist also völlig unbekannt. Eine Verlegung der in (14) vorhandenen Integrations-Curve von der Peripherie des Hülfskreises (b) zur Peripherie des gegebenen Kreises (R) würde daher *unzulässig* sein.

Wir gehen über zur Untersuchung der dieser Reihe zugehörigen Modulreihe. Zufolge (17) ist

$$C_{2p}x^{2p} = \frac{x^{2p}}{2\pi i}\int_{(b)}\frac{f(y)dy}{y^{2p+1}},$$

oder, wenn für x, y die Werthe (13) substituirt werden:

$$C_{2p}x^{2p} = \frac{a^{2p}}{2\pi . b^{2p}}\, e^{2pi\alpha}\int_{(b)} f(y)e^{-2pi\beta}\, d\beta.$$

Da der Modul von $e^{2pi\alpha}$ den Werth 1 besitzt, so ergiebt sich hieraus sofort:

$$\text{mod}\,(C_{2p}x^{2p}) = \frac{a^{2p}}{2\pi . b^{2p}} \cdot \text{mod}\Big(\int_{(b)} f(y)e^{-2pi\beta}\, d\beta\Big).$$

Mit Hülfe des bekannten Satzes, dass der Modul einer Summe kleiner ist als die Summe der Moduln:

$$\text{mod}\,(u + v + w + \ldots .) < \text{mod}\, u + \text{mod}\, v + \text{mod}\, w + \ldots,$$

ergiebt sich nun weiter:

$$\text{mod}\,(C_{2p}x^{2p}) < \frac{a^{2p}}{2\pi b^{2p}}\int_{(b)} \text{mod}\Big(f(y).\, e^{-2pi\beta}\Big)d\beta,$$

oder weil der Modul von $e^{-2pi\beta}$ den Werth 1 hat:

$$\text{mod}\,(C_{2p}x^{2p}) < \frac{a^{2p}}{2\pi b^{2p}}\int_{(b)} \text{mod}\, f(y).\ d\beta.$$

Versteht man nun unter B eine gewisse dem Hülfskreise (b) zugehörige Constante, nämlich den grössten Werth, welchen mod $f(y)$ längs der Peripherie dieses Kreises besitzt, so wird die rechte Seite der vorstehenden Formel, wenn man mod $f(y)$ durch jene Constante B ersetzt, noch weiter vergrössert werden. Um so mehr also wird:

$$\text{mod}\,(C_{2p}x^{2p}) < \frac{a^{2p}}{2\pi b^{2p}}\int_{(b)} B d\beta$$

oder, weil $\int_{(b)} B d\beta = 2\pi B$ ist

$$\text{mod}\,(C_{2p}x^{2p}) < B\Big(\frac{a}{b}\Big)^{2p}.$$

Somit erhalten wir für $p = 0, 1, 2, \ldots$ die Formeln:

$$\text{mod}\,(C_0) < B,$$
$$\text{mod}\,(C_2x^2) < B\left(\frac{a}{b}\right)^2,$$
$$\text{mod}\,(C_4x^4) < B\left(\frac{a}{b}\right)^4,$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

Hieraus aber ergiebt sich (weil zufolge der Construction des Hülfskreises $a < b$ ist) augenblicklich, dass die der Reihe (17) zugehörige Modulreihe:

$$(18) \qquad \text{mod}\,(C_0) + \text{mod}\,(C_2x^2) + \text{mod}\,(C_4x^4) + \ldots\ldots$$

convergent ist.

Da der Punct x ein *beliebiger* war unter den unendlich vielen der Bedingung mod $z < R$ entsprechenden Puncten z, so werden die in Betreff der Reihen (17) und (18) erhaltenen Resultate gültig sein für all jene Puncte. Sind x, x' irgend zwei von jenen Puncten, und (b), (b') die denselben zugehörigen Hülfskreise, so ergeben sich auf dem hier eingeschlagenen Wege für $f(x)$ und $f(x')$ Entwickelungen, deren Coefficienten scheinbar von einander *verschieden* sind. Denn nach (17) erhalten wir:

$$f(x) = C_0 + C_2x^2 + C_4x^4 + \ldots, \qquad C_{2p} = \frac{1}{2\pi i}\int_{(b)} \frac{f(y)\,dy}{y^{2p+1}},$$

und andererseits:

$$f(x') = C'_0 + C'_2x'^2 + C'_4x'^4 + \ldots, \qquad C'_{2p} = \frac{1}{2\pi i}\int_{(b')} \frac{f(y')\,dy'}{y'^{2p+1}}.$$

Aus den über die gegebene Function $f(z)$ gemachten Voraussetzungen ergiebt sich aber leicht, dass der Werth des Integrales

$$\frac{1}{2\pi i}\int \frac{f(z)\,dz}{z^{2p+1}}$$

ein und derselbe ist, gleichgültig, ob man die Integration über die Peripherie von (b), oder über die von (b'), oder auch über die Peripherie irgend eines andern um den Punct $z = 0$ beschriebenen Kreises, dessen Radius kleiner als R ist, hinlaufen lässt.

Die gegebene Function $f(z)$ ist also darstellbar durch eine

mit gewissen constanten Coefficienten C behaftete Reihenentwickelung:

$$(19)\qquad f(z) = \sum_{p=0}^{p=\infty} C_{2p} z^{2p},$$

welche *gültig* [d. i. *convergent* und *gleichwerthig mit* $f(z)$] ist für jeden der Bedingung mod $z < R$ entsprechenden Werth von z. Und die dieser Reihe zugehörige Modulreihe

$$(20)\qquad \sum_{p=0}^{p=\infty} \text{mod}\,(C_{2p} z^{2p})$$

ist für jedes der genannten Bedingung entsprechende z ebenfalls *convergent*.

Wir werden durchweg festhalten an der Voraussetzung

$$(21)\qquad \text{mod}\, z < R.$$

Wie klein die Differenz zwischen mod z und R aber auch sein mag, immer wird sich eine positive reelle Grösse ε angeben lassen von solcher Kleinheit, dass der mit $\sqrt{1+\varepsilon}$ multiplicirte mod z ebenfalls noch kleiner als R ist, also eine Grösse ε, welche der Bedingung genügt

$$(22)\qquad \text{mod}\,(z\sqrt{1+\varepsilon}) < R.$$

Denkt man sich aber das ε in solcher Weise gewählt, so wird die Reihe (20) convergent bleiben, wenn man in ihr z mit $z\sqrt{1+\varepsilon}$ vertauscht. Mit andern Worten: Die Reihe

$$\sum_{p=0}^{p=\infty} \text{mod}\,\{C_{2p}(z\sqrt{1+\varepsilon})^{2p}\}$$

wird *convergent* sein, zufolge der über z und ε gemachten Voraussetzungen (21) und (22). Auch liegt zu Tage, dass die Glieder dieser Reihe durchweg reell und positiv sind. Multiplicirt man aber die Glieder einer derartigen Reihe mit irgend welchen positiven reellen Grössen, welche nicht ins Unendliche anwachsen, so wird bekanntlich die so entstehende neue Reihe wiederum convergent sein. Demzufolge wird die Reihe:

$$\sum_{p=0}^{p=\infty} \lambda_{2p} \cdot \text{mod}\,\{C_{2p}(z\sqrt{1+\varepsilon})^{2p}\}$$

d. i.

$$(23)\qquad \sum_{p=0}^{p=\infty} \text{mod}\left\{\lambda_{2p} C_{2p} (z\sqrt{1+\varepsilon})^{2p}\right\}$$

convergent sein, sobald man unter

$$\lambda_0,\ \lambda_2,\ \lambda_4,\ \ldots\ldots\ \lambda_{2p},\ \ldots\ldots$$

eine Reihe positiver reeller Grössen versteht, welche durchweg endlich bleiben.

Dieser Anforderung wird entsprochen, wenn man jene Grössen durch die Formel bestimmt:

$$(24)\qquad \lambda_{2p} = \frac{2^{2p}.\Pi p.\Pi p}{(1+\varepsilon)^p.\Pi 2p},$$

d. i. durch die Formeln:

$$\lambda_0 = 1,\quad \lambda_{2p} = \frac{(2.4.6\ldots 2p)^2}{1.2.3\ldots 2p}\,\frac{1}{(1+\varepsilon)^p} = \frac{2.4.6\ldots 2p}{1.3.5\ldots 2p-1}\,\frac{1}{(1+\varepsilon)^p},$$

oder, was dasselbe ist, durch die Formeln:

$$\lambda_0 = 1,\quad \lambda_{2p} = \frac{1+\frac{1}{1}}{1+\varepsilon}\;\frac{1+\frac{1}{3}}{1+\varepsilon}\;\frac{1+\frac{1}{5}}{1+\varepsilon}\cdots\frac{1+\frac{1}{2p-1}}{1+\varepsilon}.$$

Alsdann nämlich wird:

$$\begin{aligned}
\lambda_0 &= 1,\\
\lambda_2 &= \mu_1,\\
\lambda_4 &= \mu_1\cdot\mu_3,\\
\lambda_6 &= \mu_1\cdot\mu_3\cdot\mu_5, \qquad\qquad \text{wo: } \mu_{2n-1} = \frac{1+\frac{1}{2n-1}}{1+\varepsilon}\\
&\ldots\ldots\ldots\\
\lambda_{2p} &= \mu_1\cdot\mu_3\cdot\mu_5\cdots\mu_{2p-1},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

Dabei soll unter ε die früher [bei (22)] eingeführte Grösse verstanden werden.

Denkt man sich nämlich eine Zahl p gewählt von solcher Höhe, dass der Bruch $\frac{1}{2p-1}$ *noch kleiner* als jenes ε ist, so wird die Reihe

$$\mu_1,\ \mu_3,\ \mu_5,\ \ldots\ \mu_{2p-1},\ \ldots$$

zu Anfang aus *unächten*, aber von μ_{2p-1} ab aus lauter *ächten* Brüchen bestehen. Und demgemäss werden die Grössen

$$\lambda_0,\ \lambda_2,\ \lambda_4,\ \ldots\ldots\ \lambda_{2p},\ \ldots\ldots$$

zu Anfang *wachsen*, aber von λ_{2p} ab *fortwährend abnehmen*; sie werden daher *durchweg endlich* bleiben. Die bei Einsetzung dieser Grössen λ_{2p} (24) in die Formel (23) entstehende Reihe

$$\sum_{p=0}^{p=\infty} \operatorname{mod} \left\{ \frac{2^{2p}.\Pi p.\Pi p}{(1+\varepsilon)^p.\Pi 2p} C_{2p} \left(z\sqrt{1+\varepsilon}\right)^{2p} \right\}$$

wird also *convergent* sein. Diese Reihe kann, weil $(1+\varepsilon)^p$ gegen $\left(\sqrt{1+\varepsilon}\right)^{2p}$ sich forthebt, einfacher so dargestellt werden:

$$\sum_{p=0}^{p=\infty} \operatorname{mod} \left\{ \frac{\Pi p.\Pi p}{\Pi 2p} C_{2p} (2z)^{2p} \right\}.$$

Aus ihrer Convergenz aber folgt sofort, dass die Reihe

$$(25) \qquad \sum_{p=0}^{p=\infty} \frac{\Pi p.\Pi p}{\Pi 2p} C_{2p} (2z)^{2p}$$

ebenfalls convergent ist. Denn es ist ein bekannter Satz, dass eine gegebene Reihe jederzeit convergiren muss, wenn feststeht, dass die ihr entsprechende Modulreihe convergirt. — Da das ε in der Reihe (25) nicht mehr enthalten ist, so bestehen die zum Beweise ihrer Convergenz erforderlich gewesenen Voraussetzungen, abgesehen von der früher festgestellten Bedeutung der Coefficienten C_{2p}, lediglich darin, dass mod $z < R$ ist, oder (was dasselbe ist) darin, dass mod $(2z) < 2R$ ist. Setzt man also ζ an Stelle von $2z$, so ergiebt sich, im Anschluss an die früher in (19) und (20) notirten Ergebnisse, folgendes Resultat:

Ist ζ eine complexe, der Bedingung mod $\zeta < 2R$ unterworfene Variable, so wird die Reihe

$$(26) \qquad \sum_{p=0}^{p=\infty} \frac{\Pi p.\Pi p}{\Pi 2p} C_{2p} \zeta^{2p}$$

convergent, ihr Werth also eine *stetige* Function von ζ sein. — Diese Function mag hinfort mit $\Phi(\zeta)$ bezeichnet wer-

den. Aus ihrer Definition durch die vorstehende Reihe erkennt man übrigens sofort, dass sie nicht nur *stetig*, sondern auch *eindeutig* und *gerade* ist.

Aus den eben genannten Eigenschaften der Function

$$(27.a) \qquad \Phi(\zeta) = \sum_{p=0}^{p=\infty} \frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p} C_{2p} \zeta^{2p}$$

ergiebt sich nun [unter Anwendung eines früher, in (4) erwähnten Satzes] sofort, dass sie darstellbar ist durch eine nach den Bessel'schen Functionen fortschreitende Reihe:

$$\Phi(\zeta) = \sum_{n=0}^{n=\infty} K_n J^n(\zeta),$$

und dass diese Reihe *gültig* ist für sämmtliche der Bedingung $\text{mod}\, \zeta < 2R$ entsprechenden Werthe von ζ. Bildet man die zuletzt hingestellte Formel successive für $\Phi(+\zeta)$ und $\Phi(-\zeta)$, und beachtet man, dass die Function Φ gerade ist, und dass andererseits die Function J^n gerade oder ungerade ist, jenachdem ihr n gerade oder ungerade, so ergiebt sich durch Addition dieser beiden Formeln sofort:

$$(27.b) \qquad \Phi(\zeta) = \sum_{n=0}^{n=\infty} K_{2n} J^{2n}(\zeta).$$

Der für ζ genannten Bedingung

$$\text{mod}\, \zeta < 2R$$

wird offenbar Genüge geschehen, wenn man $\zeta = 2z \sin \omega$ macht, vorausgesetzt, dass man unter ω einen *reellen* Winkel, andrerseits unter z die früher betrachtete, der Bedingung

$$\text{mod}\, z < R$$

unterworfene complexe Variable versteht. Somit ergeben sich aus (27.a, b) die Formeln:

$$(28.a) \qquad \Phi(2z \sin \omega) = \sum_{p=0}^{p=\infty} \frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p} C_{2p} (2z \sin \omega)^{2p},$$

$$(28.b) \qquad \Phi(2z \sin \omega) = \sum_{n=0}^{n=\infty} K_{2n} J^{2n}(2z \sin \omega),$$

gültig für jedes reelle ω und für jedes der Bedingung mod $z < R$ entsprechende z. Hieraus ergeben sich, wenn man mit $d\omega$ multiplicirt, und nach ω zwischen den Grenzen $0 \ldots \pi$ integrirt, die weiteren Formeln:

$$(29.a) \int_0^\pi \Phi(2z \sin\omega)\, d\omega = \sum_{p=0}^{p=\infty} \left\{ \frac{\Pi p . \Pi p}{\Pi 2p}\, C_{2p} z^{2p} \int_0^\pi (2\sin\omega)^{2p} d\omega \right\},$$

$$(29.b) \int_0^\pi \Phi(2z \sin\omega)\, d\omega = \sum_{p=0}^{p=\infty} \left\{ K_{2n} \int_0^\pi J^{2n}(2z \sin\omega)\, d\omega \right\},$$

gültig für jedes der Bedingung mod $z < R$ entsprechende z.

Beachtet man nun, dass

$$\frac{1}{\pi} \int_0^\pi (2\sin\omega)^{2p}\, d\omega = \frac{\Pi 2p}{\Pi p . \Pi p},$$

und ferner, dass nach einem schon früher benutzten Satz (5)

$$\frac{1}{\pi} \int_0^\pi J^{2n}(2z \sin\omega)\, d\omega = [J^n(z)]^2$$

ist, so nehmen die Formeln (29.a, b) folgende Gestalt an:

$$(30.a) \qquad \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \Phi(2z \sin\omega)\, d\omega = \sum_{p=0}^{p=\infty} C_{2p} z^{2p},$$

$$(30.b) \qquad \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \Phi(2z \sin\omega)\, d\omega = \sum_{n=0}^{n=\infty} K_{2n}\, [J^n(z)]^2.$$

Hieraus folgt sofort die Gleichung:

$$(31) \qquad \sum_{p=0}^{p=\infty} C_{2p} z^{2p} = \sum_{n=0}^{n=\infty} K_{2n} [J^n(z)]^2,$$

und zwar die Gültigkeit derselben für jedes der Bedingung

mod $z < R$ Genüge leistende z. Diese Gleichung aber endlich gewinnt bei Rückblick auf (19) folgende Gestalt:

$$f(z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} K_{2n} \, [J^n(z)]^2. \tag{32}$$

Bezeichnen wir schliesslich die Constanten $K_0, K_2, K_4, \ldots K_{2n}, \ldots$ einfacher mit $\varkappa_0, \varkappa_1, \varkappa_2, \ldots \varkappa_n, \ldots$, so können wir das durch die Formel (32) erhaltene Resultat folgendermassen ausdrücken:

Repräsentirt R eine reelle Constante, und $f(z)$ eine gegebene Function, welche eindeutig, stetig und gerade ist, so lange mod $z < R$ bleibt, so wird jederzeit eine Entwicklung existiren:

$$f(z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varkappa_n \, [J^n(z)]^2, \tag{33}$$

welche gültig ist für alle der Bedingung mod $z < R$ entsprechenden Werthe von z.

Um eine allgemeine Methode zur Bestimmung der *constanten Coefficienten* $\varkappa$ zu erhalten, werden zunächst einige vorbereitende Untersuchungen erforderlich sein.

§ 3. Die Darstellung gerader Functionen durch ein gewisses Integral.

Auf der z-Ebene sei um den Punct $z = 0$ ein Kreis beschrieben mit dem Radius R. Ferner sei $f(z)$ eine gegebene Function, welche eindeutig und stetig ist, solange

$$\text{mod } z < R$$

bleibt. Das Verhalten der Function in den *Rand*puncten der Kreisfläche, d. i. für mod $z = R$, wird also als unbekannt betrachtet.

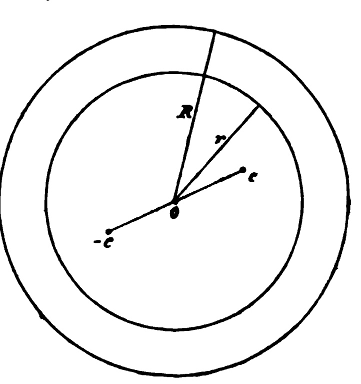
Ferner sei $z = c$ ein beliebig gewählter fester Punct innerhalb der Kreisfläche (R), genauer ausgedrückt ein Punct, welcher der Bedingung Genüge leistet:

$$\text{mod } c < R.$$

Diesem Puncte c entsprechend construiren wir eine zweite

Kreisfläche, die mit der gegebenen concentrisch ist, und deren Radius r der Bedingung unterworfen sein soll:

$$\operatorname{mod} c < r < R.$$



Die gegebene Function $f(z)$ wird alsdann eindeutig und stetig sein in *sämmtlichen* zur Kreisfläche (r) gehörigen Puncten. Zugleich wird der feste Punct c innerhalb dieser Fläche sich befinden, und von ihrem Rande durch irgend welchen (wenn auch beliebig kleinen) Zwischenraum getrennt sein. Nach einem bekannten Cauchy'schen Satz wird sich daher der Werth der gegebenen Function f im Puncte c folgendermassen darstellen lassen:

$$f(c) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(r)} \frac{f(z)dz}{z-c}\,.$$

die Integration positiv erstreckt über die Peripherie der Kreisfläche (r). Eine Formel, die mit dieser in Bezug auf den Punct c aufgestellten analog ist, muss offenbar auch gelten für jeden andern innerhalb der Kreisfläche (r), nicht hart am Rande derselben befindlichen Punct, muss also z. B. auch gelten für den Punct $-c$. In der That wird:

$$f(-c) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(r)} \frac{f(z)dz}{z+c}\,.$$

Durch Addition dieser beiden Formeln folgt:

$$\frac{f(c)+f(-c)}{2} = \frac{1}{2\pi i}\int_{(r)} \frac{f(z)z\,dz}{z^2-c^2}\,. \tag{34}$$

Lässt man nun zu den über die Function f gemachten Voraussetzungen noch *die* hinzutreten, dass f eine *gerade* Function ist, so wird $f(c) = f(-c)$, folglich die linke Seite der eben erhaltenen Formel identisch mit $f(c)$. Somit ergiebt sich der Satz:

Repräsentirt R eine reelle Constante, und repräsentirt $f(z)$ eine gegebene Function, welche eindeutig, stetig und gerade

ist, solange mod $z < R$ *bleibt, so wird der Werth dieser Function für jedes der Bedingung* mod $c < R$ *entsprechende Argument* c *dargestellt werden können durch folgendes Integral*:

$$f(c) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(r)} \frac{f(z).zdz}{z^2-c^2}, \tag{35}$$

die Integration positiv hinerstreckt um irgend eine Kreisperipherie, deren Mittelpunct in $z = 0$ *liegt, und deren Radius* r *der Bedingung* mod $c < r < R$ *Genüge leistet.*

Es mag noch bemerkt werden, dass man zu der Formel (34) auch durch eine Untersuchung gelangen kann, welche ausgeht von der Betrachtung des Integrales

$$\int \frac{F(z).dz}{z^2-c^2}.$$

Wählt man ferner an Stelle dieses Integrales das allgemeinere Integral

$$\int \frac{F(z)dz}{z^n-c^n}.$$

so erhält man an Stelle der Formel (34) eine allgemeinere Formel, welche sich auf die n Eckpuncte eines regulären Polygones bezieht, und das arithmetische Mittel derjenigen n Werthe angiebt, welche eine gegebene Function in diesen n Puncten besitzt.

Was nun den eben erhaltenen Satz (35) anbelangt, so wird unsere Aufgabe, eine gerade Function nach den Quadraten der Bessel'schen Functionen zu entwickeln, durch diesen Satz reducirt auf die Auffindung einer derartigen Entwickelung für den Bruch $\frac{1}{z^2-c^2}$. Und diese letzte Aufgabe wird den Gegenstand des folgenden Paragraphen ausmachen.

§ 4. Die Entwickelung des Ausdruckes $(y^2-x^2)^{-2}$.

Es seien x und y zwei beliebige complexe Grössen; und zwar mag y als *fest*, hingegen x als *veränderlich* betrachtet werden. Der Ausdruck

$$\frac{1}{y^2-x^2} \tag{36}$$

repräsentirt alsdann eine Function von x, welche eindeutig, stetig und gerade ist, solange x der Bedingung

$$(37) \qquad \mod x < \mod y$$

unterworfen bleibt, und für welche also [zufolge des Satzes (33)] eine Entwickelung existiren muss:

$$(38) \qquad \frac{1}{y^2-x^2} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varkappa_n [J^n(x)]^2,$$

die gültig ist für jedes beliebige der Bedingung (37) *entsprechende* x. Offenbar werden die Coefficienten $\varkappa_n$ dieser Entwicklung abhängig sein von y; sie mögen demgemäss bezeichnet werden durch $\varepsilon_n \Omega^n(y)$, wo unter ε_n [ebenso wie früher in (3)] eine Zahl verstanden werden soll, welche für $n = 0$ den Werth 1, für $n > 0$ den Werth 2 besitzt. Bei Anwendung dieser Bezeichnung nimmt die Entwicklung (38) folgende Gestalt an:

$$(39.a) \qquad \frac{1}{y^2-x^2} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varepsilon_n \Omega^n(y) [J^n(x)]^2,$$

oder (was dasselbe ist) folgende Gestalt:

$$(39.b) \qquad \frac{1}{y^2-x^2} = \Omega^0(y) [J^0(x)]^2 + 2 \sum_{q=1}^{q=\infty} \Omega^q(y) [J^q(x)]^2,$$

Nachdem in solcher Weise die *Existenz und Gültigkeit* der Entwicklung (38) oder (39.a, b) für irgend zwei der Bedingung (37) entsprechende Grössen x, y constatirt ist, handelt es sich nunmehr um die Untersuchung und Bestimmung der in dieser Entwicklung auftretenden unbekannten Functionen $\Omega^n(y)$.

Wir bemerken zuvörderst, dass in Folge der festgesetzten Bedingung (37) die Gleichung stattfindet:

$$(40) \qquad \frac{1}{y^2-x^2} = \frac{1}{y^2} + \frac{x^2}{y^4} + \frac{x^4}{y^6} + \frac{x^6}{y^8} + \ldots\ldots\ldots,$$

und ferner, dass [zufolge (10.b)] für x^0, x^2, x^4, x^6, ... folgende Entwicklungen benutzt werden können:

$$
\begin{aligned}
1 &= [J^0(x)]^2 + 2\sum_{q=1}^{q=\infty} [J^q(x)]^2, \\
x^2 &= \frac{1}{2}\, 2\sum_{q=1}^{q=\infty} 4q^2[J^q(x)]^2, \\
x^4 &= \frac{1.2}{3.4}\, 2\sum_{q=1}^{q=\infty} 4q^2(4q^2-2^2)[J^q(x)]^2, \\
x^6 &= \frac{1.2.3}{4.5.6}\, 2\sum_{q=1}^{q=\infty} 4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)[J^q(x)]^2,
\end{aligned}
\tag{41}
$$

. . . .

Multiplicirt man diese Formeln (41) der Reihe nach mit $\frac{1}{y^2}$, $\frac{1}{y^4}$, $\frac{1}{y^6}$, $\frac{1}{y^8}$, ..., und addirt, so erhält man *linker* Hand den Ausdruck (40), d. i. den Bruch $\frac{1}{y^2-x^2}$, und *rechter* Hand eine nach den Bessel'schen Functionen fortlaufende Entwicklung. Die in dieser Entwicklung als Coefficienten von $[J^0(x)]^2$ und $[J^q(x)]^2$ auftretenden Ausdrücke sind also die gesuchten Functionen, nämlich diejenigen Functionen, welche in (39.*a*, *b*) mit $\Omega^0(y)$ und $2\Omega^q(y)$ bezeichnet worden sind. Dabei ist unter q jede Zahl der Reihe 1, 2, 3, 4, ... ∞, *nicht aber* die Zahl 0 zu verstehen. Somit finden wir:

(42) $\Omega^0(y)=\frac{1}{y^2}$; — und andrerseits für $q = 1, 2, 3, \ldots \infty$:

$$
\Omega^q(y)=\frac{1}{y^2}+\frac{1}{2}\frac{4q^2}{y^4}+\frac{1.2}{3.4}\frac{4q^2(4q^2-2^2)}{y^6}+\frac{1.2.3}{4.5.6}\frac{4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)}{y^8}+\ldots\ldots \tag{43}
$$

Hieraus ergeben sich, um einige Beispiele anzuführen, folgende Formeln (wir vertauschen dabei den Buchstaben y mit z):

$$
\begin{aligned}
\Omega^0(z) &= \frac{1}{z^2}, & &= \frac{1}{z^2}, \\
\Omega^1(z) &= \frac{1}{z^2}+\frac{1}{2}\frac{4}{z^4}, & &= \frac{1}{z^2}+\frac{2}{z^4}, \\
\Omega^2(z) &= \frac{1}{z^2}+\frac{1}{2}\frac{16}{z^4}+\frac{1.2}{3.4}\frac{16.12}{z^6}, & &= \frac{1}{z^2}+\frac{8}{z^4}+\frac{32}{z^6}, \\
\Omega^3(z) &= \frac{1}{z^2}+\frac{1}{2}\frac{36}{z^4}+\frac{1.2}{3.4}\frac{36.32}{z^6}+\frac{1.2.3}{4.5.6}\frac{36.32.20}{z^8} & &= \frac{1}{z^2}+\frac{18}{z^4}+\frac{192}{z^6}+\frac{1152}{z^8},
\end{aligned}
\tag{44}
$$

. . . .

Die Functionen $\Omega^n(z)$ sind also *ganze rationale Functionen von* $\frac{1}{z^2}$. Auch bemerkt man, dass die Formel (42) als specieller Fall schon mitenthalten ist in der Formel (43), dass also die Functionen $\Omega^n(z)$, alle ohne Ausnahme, ihren Ausdruck finden durch die *eine* Formel: *)

$$(45)\qquad \Omega^n(z) = \frac{1}{z^2} + \frac{1}{2}\,\frac{4n^2}{z^4} + \frac{1.2}{3.4}\,\frac{4n^2(4n^2-2^2)}{z^6} + \frac{1.2.3}{4.5.6}\,\frac{4n^2(4n^2-2^2)(4n^2-4^2)}{z^8} + \ldots\ldots\ldots,$$

wo mithin unter n jede beliebige Zahl der Reihe $0, 1, 2, 3, \ldots \infty$ zu verstehen ist. Wir gelangen daher zu folgendem Resultat:

Der aus irgend zwei complexen Grössen x und y gebildete Bruch $\frac{1}{y^2-x^2}$ kann, unter Anwendung der Bessel'schen Functionen J^n und unter gleichzeitiger Anwendung gewisser anderer Functionen Ω^n, die ihren Ausdruck finden durch die Formeln (44), (45), *in folgende Reihe entwickelt werden:*

$$(46)\qquad \frac{1}{y^2-x^2} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varepsilon_n\, \Omega^n(y)\,[J^n(x)]^2\,.$$

Diese Entwicklung ist gültig für jedes der Bedingung $\text{mod}\, x < y$ *entsprechende Werthsystem von x, y. Dabei ist unter ε_n eine Zahl zu verstehen, welche für $n = 0$ den Werth 1, für $n > 0$ den Werth 2 besitzt.*

§ 5. Allgemeine Methode der Coefficienten-Bestimmung.

Auf der z-Ebene sei um den Punct $z = 0$ ein Kreis beschrieben mit dem Radius R. Ferner sei $f(z)$ eine gegebene Function, welche eindeutig, stetig und gerade ist, solange

$$(47)\qquad \text{mod}\, z < R$$

bleibt. Endlich sei c irgend ein specieller Werth von z, der ebenfalls der Bedingung Genüge leistet:

$$(48)\qquad \text{mod}\, c < R.$$

Geometrisch ausgedrückt wird also c ein Punct sein, der innerhalb der Kreisfläche (R) liegt, und von ihrem Rande durch

*) Das nächstfolgende Glied dieser Formel lautet:

$$+\frac{1.2.3.4}{5.6.7.8}\,\frac{4n^2(4n^2-2^2)(4n^2-4^2)(4n^2-6^2)}{z^{10}}\,.$$

irgend welchen (wenn auch beliebig kleinen) Zwischenraum getrennt ist. Diesem Puncte c entsprechend mag ein zweiter Kreis construirt werden, welcher mit dem gegebenen concentrisch ist, und dessen Radius r der Bedingung genügt:

$$\text{(49)} \qquad \mod c < r < R.$$

Zufolge eines früheren Satzes (35) wird alsdann der Werth der gegebenen Function im Puncte c darstellbar sein durch folgendes Integral:

$$\text{(50)} \qquad f(c) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(r)} \frac{f(z) \cdot z dz}{z^2 - c^2},$$

die Integration positiv hinerstreckt längs der Kreislinie (r).

Der hier unter dem Integral auftretende Bruch $\frac{1}{z^2-c^2}$ kann nun aber, weil z einen *Rand*punct der Kreisfläche (r) repräsentirt, folglich mod $z = r$, und also [nach (49)] mod $c <$ mod z ist, in folgende Reihe entwickelt werden:

$$\text{(51)} \qquad \frac{1}{z^2-c^2} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varepsilon_n [J^n(c)]^2\, \Omega^n(z),$$

wie solches aus dem zuletzt gefundenen Satze (46) unmittelbar hervorgeht.

Substituirt man nun die durch (51) dargebotene Entwicklung in die Formel (50), so erhält man:

$$\text{(52)} \qquad f(c) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varkappa_n\, [J^n(c)]^2,$$

wo die Coefficienten $\varkappa_n$ folgende Werthe haben:

$$\text{(53)} \qquad \varkappa_n = \frac{\varepsilon_n}{2\pi i}\int_{(r)} f(z)\,\Omega^n(z)\, z dz.$$

die Integration positiv erstreckt um die Kreisfläche (r).

Dass die Entwicklung (51) unter den hier gemachten Voraussetzungen jederzeit gültig ist, folgt aus unsern früheren Untersuchungen [Satz (46)]; und dass die Gültigkeit jener Entwicklung (51) diejenige von (52) mit Nothwendigkeit nach sich zieht, unterliegt keinem Zweifel.

Es mag schliesslich noch bemerkt werden, dass die Integrationscurve (r) des zur Bestimmung von $\varkappa_n$ dienenden Integrales (53) einer gewissen Deformation fähig ist, ohne dass der

Werth des Integrales dabei eine Aenderung erleidet. Aus den über $f(z)$ gemachten Voraussetzungen, und aus der Natur der Functionen $\Omega^n(z)$, [vgl. die Formeln (44), (45)] folgt nämlich sofort, dass das Product $f(z)\Omega^n(z)$ stetig und eindeutig ist, solange z der Bedingung entspricht:

$$0 < \text{mod } z < R.$$

Der Werth jenes Integrales (53) wird daher keinerlei Aenderung erleiden, wenn man seine Integrationscurve (r) einer beliebigen Deformation unterwirft, bei welcher ihre Puncte weder mit den Randpuncten der gegebenen Kreisfläche (R) noch mit dem Mittelpunct dieser Fläche in unmittelbare Berührung gelangen. Der Werth des Integrales wird also z. B. keine Aenderung erfahren, wenn man seine Integrationscurve von der Kreislinie (r) nach irgend einer andern concentrischen Kreislinie verlegt, deren Radius kleiner als R ist.

Somit können die durch (52) und (53) erhaltenen Resultate schliesslich in folgender Weise zusammengefasst werden, (der Buchstabe c wird dabei vertauscht werden mit z):

Repräsentirt R eine reelle Constante, und $f(z)$ eine gegebene Function, welche eindeutig, stetig und gerade ist, solange $\text{mod } z < R$ bleibt, so wird jederzeit eine Entwicklung existiren:

$$f(z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varkappa_n \,[J^n(z)]^2, \tag{54}$$

welche gültig ist für jeden der Bedingung $\text{mod } z < R$ entsprechenden Werth von z. — Die constanten Coefficienten $\varkappa_n$ dieser Entwicklung finden ihre Bestimmung durch die Formel:

$$\varkappa_n = \frac{\varepsilon_n}{2\pi i}\int_{(r)} f(z)\,\Omega^n(z)\,z\,dz.$$

die Integration positiv hinerstreckt längs irgend einer Kreislinie (r), deren Mittelpunct bei $z = 0$ liegt, und deren Radius r kleiner als R ist. Dabei ist unter ε_n eine Zahl zu verstehen, welche für $n = 0$ den Werth 1, für $n > 0$ den Werth 2 hat.

In analoger Weise wird sich offenbar auch eine Function $f(z)$ behandeln lassen, welche eindeutig, stetig und gerade ist auf einer *ringförmigen* Fläche, die begrenzt ist von zwei concentrischen um den Punct $z = 0$ beschriebenen Kreisen. Man gelangt dabei, wie leicht zu übersehen ist, zu folgendem Satz:

Sind $R^0 < R$ zwei reelle Constante, und repräsentirt $f(z)$ eine gegebene Function, welche eindeutig, stetig und gerade ist, solange

$$R^0 < \operatorname{mod} z < R$$

bleibt, so wird jederzeit eine Entwicklung existiren

$$f(z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varkappa_n \, [J^n(z)]^2 + \sum_{n=0}^{n=\infty} \lambda_n \Omega^n(z), \tag{55}$$

welche gültig ist für jeden der Bedingung

$$R^0 < \operatorname{mod} z < R$$

entsprechenden Werth von z. — Die constanten Coefficienten $\varkappa_n$ und λ_n dieser Entwicklung finden ihre Bestimmung durch die Formeln:

$$\varkappa_n = \frac{\varepsilon_n}{2\pi i} \int_{(r)} f(z) \; \Omega^n(z) \, z dz,$$

$$\lambda_n = \frac{\varepsilon_n}{2\pi i} \int_{(r)} f(z) \; [J^n(z)]^2 z dz,$$

die Integration positiv hinerstreckt längs irgend einer Kreislinie (r), deren Mittelpunct in $z = 0$ liegt, und deren Radius r der Bedingung entspricht: $R^0 < r < R$. Das hier auftretende ε_n ist eine Zahl, welche für $n = 0$ den Werth 1, für $n > 0$ den Werth 2 besitzt.

§ 6. Relationen für die Quadrate der Bessel'schen Functionen.

Die *Bessel*'schen Functionen $J^n(z)$ besitzen bekanntlich folgende Eigenschaften:

$$\frac{dJ^0(z)}{dz} = - J^1(z), \qquad 2\frac{dJ^n(z)}{dz} = J^{n-1}(z) - J^{n+1}(z),$$

$$\frac{2n}{z} J^n(z) = J^{n-1}(z) + J^{n+1}(z),$$

wo n eine der Zahlen 1, 2, 3, . . . ∞ repräsentirt, (vrgl. meine Schrift über die Bessel'schen Functionen Seite 20 und 22). Aus diesen Formeln ergiebt sich durch Multiplication, wie schon Lommel bemerkt hat, die merkwürdige Relation:

$$\frac{2n}{z} \frac{d[J^n(z)]^2}{dz} = [J^{n-1}(z)]^2 - [J^{n+1}(z)]^2, \tag{56}$$

welche, wenn zur Abkürzung Q^n an Stelle von $[J^n(z)]^2$ gesetzt wird, auch so dargestellt werden kann:

$$(57) \qquad \frac{2n}{z}\frac{dQ^n}{dz} = Q^{n-1} - Q^{n+1}.$$

Um eine analoge Formel für den hier ausgeschlossenen Fall $n = 0$ zu ermitteln, bemerken wir, dass die erste der in (10.b) erhaltenen Entwicklungen, bei Anwendung der eben eingeführten Abkürzung, sich so darstellt:

$$1 = Q^0 + 2Q^1 + 2Q^2 + 2Q^3 + 2Q^4 + \ldots\ldots$$

Hieraus folgt durch Differentiation nach z:

$$\frac{1}{z}\frac{dQ^0}{dz} = -\frac{2}{z}\frac{dQ^1}{dz} - \frac{2}{z}\frac{dQ^2}{dz} - \frac{2}{z}\frac{dQ^3}{dz} - \frac{2}{z}\frac{dQ^4}{dz} - \ldots\ldots$$

und hieraus durch Benutzung der Relation (57):

$$(58) \qquad \frac{1}{z}\frac{dQ^0}{dz} = \frac{1}{1}(Q^2-Q^0) + \frac{1}{3}(Q^4-Q^2) + \frac{1}{5}(Q^6-Q^4) + \ldots\ldots$$
$$+ \frac{1}{2}(Q^3-Q^1) + \frac{1}{4}(Q^5-Q^3) + \frac{1}{6}(Q^7-Q^5) + \ldots\ldots$$

Diese Gleichung (58), deren rechte Seite leicht etwas besser geordnet werden kann, wird offenbar als diejenige zu betrachten sein, welche im Falle $n = 0$ an die Stelle der Gleichung (57) tritt.

Für die zur Abkürzung mit Q^n bezeichneten Functionen $[J^n(z)]^2$ gelten also folgende Formeln:

$$(59.a) \qquad \frac{1}{z}\frac{dQ^0}{dz} = -Q^0 + \frac{2}{1.3}Q^2 + \frac{2}{3.5}Q^4 + \frac{2}{5.7}Q^6 + \ldots\ldots$$
$$- \frac{1}{2}Q^1 + \frac{2}{2.4}Q^3 + \frac{2}{4.6}Q^5 + \frac{2}{6.8}Q^7 + \ldots\ldots,$$

$$(59.b) \qquad \frac{2n}{z}\frac{dQ^n}{dz} = Q^{n-1} - Q^{n+1},$$

wo in der letztern Formel n eine der Zahlen $1, 2, 3, 4, \ldots\ldots \infty$ *repräsentirt.*

§ 7. Weitere Untersuchung über die Entwicklung des Ausdruckes $(y^2-x^2)^{-1}$.

Es ist nachgewiesen worden, dass die für diesen Ausdruck gefundene Entwicklung (46) jederzeit *gültig* ist, falls nur mod x $<$ mod y bleibt. Gegenwärtig soll gezeigt werden, dass jene

Entwicklung, unbeschadet ihrer *Gültigkeit*, beliebig oft nach x und y differenzirt werden kann. Um zu diesem Ziele zu gelangen, wird es aber erforderlich sein, die in jener Entwicklung auftretenden Functionen

$$[J^n(z)]^2 \text{ und } \Omega^n(z)$$

zunächst einer näheren Betrachtung zu unterwerfen.

Die Functionen $\Omega^n(z)$ besitzen eine gewisse Aehnlichkeit mit den Functionen $O^{2n}(z)$. Setzt man nämlich in der Formel (2) die Zahl $2n$ an Stelle von n, so ergiebt sich:

$$(\alpha.) \qquad zO^{2n}(z) = 1 + \frac{4n^2}{z^2} + \frac{4n^2(4n^2-2^2)}{z^4} + \frac{4n^2(4n^2-2^2)(4n^2-4^2)}{z^6} + \ldots\ldots,$$

und andererseits ergiebt sich aus (45):

$$(\beta.) \qquad z^2\Omega^n(z) = \vartheta_0 + \vartheta_2\frac{4n^2}{z^2} + \vartheta_4\frac{4n^2(4n^2-2^2)}{z^4} + \vartheta_6\frac{4n^2(4n^2-2^2)(4n^2-4^2)}{z^6} + \ldots\ldots,$$

wo zur augenblicklichen Abkürzung ϑ_{2p} gesetzt ist zur Bezeichnung der Grösse:

$$\vartheta_{2p} = \frac{1 \;.\; 2 \;.\; 3 \ldots p}{p+1 \,.\, p+2 \,.\, p+3 \ldots 2p} = \frac{(\Pi p)^2}{\Pi 2p}.$$

Der Ausdruck für $z^2\Omega^n(z)$ unterscheidet sich also von dem für $zO^{2n}(z)$ nur durch die zu den einzelnen Gliedern, d. i. zu den einzelnen Potenzen von z hinzugetretenen Grössen ϑ.

Nun kann aber der Ausdruck (α.), wie aus (3) hervorgeht, durch eine Umkehrung in der Anordnung seiner Glieder in folgende Form (α'.) versetzt werden:

$$(\alpha'.) \qquad zO^{2n}(z) = \frac{2^{2n}\Pi 2n}{\varepsilon_{2n} z^{2n}}\left(1 + \frac{z^2}{2.4n-2} + \frac{z^4}{2.4.4n-2.4n-4} + \ldots\ldots \text{fin}\right).$$

Eine *analoge* Form (β'.) wird daher auch existiren für den Ausdruck (β). Diese Form (β') kann augenblicklich angegeben werden. Da nämlich (α.) in (β.) übergeht, sobald man den einzelnen Potenzen z^{-2p} die Factoren ϑ_{2p} beigesellt, so wird durch *dieselbe* Operation auch (α'.) übergehen müssen in (β'.). Somit wird die Form (β') lauten:

$$(\beta'.) \quad z^2\Omega^n(z) = \frac{2^{2n}\Pi 2n}{\varepsilon_{2n} z^{2n}}\left(\vartheta_{2n} + \vartheta_{2n-2}\frac{z^2}{2.4n-2} + \vartheta_{2n-4}\frac{z^4}{2.4.4n-2.4n-4} + \ldots\text{fin}\right).$$

In (α'.) sowohl wie in (β'.) sind [vrgl. die Bemerkungen bei (3)] die Glieder in der Parenthese nicht ins Unendliche, sondern nur

bis zu einer gewissen Stelle hin fortzusetzen. Und zwar ist, bei ($\alpha.'$), wie bei ($\beta'.$), das *letzte* in die Parenthese noch aufzunehmende Glied dasjenige, welches mit der Potenz z^{2n} behaftet ist.

Da die Zahl ε_{2n}, der ihr beigelegten Bedeutung zufolge, jederzeit identisch ist mit ε_n, so kann die Formel ($\beta'.$) folgendermassen dargestellt werden:

$$\varepsilon_n \Omega^n(z) = \frac{2^{2n}\Pi 2n.\vartheta_{2n}}{z^{2n+2}}\left(1 + \frac{\vartheta_{2n-2}}{2^2\vartheta_{2n}}\,\frac{z^2}{1.2n-1} + \frac{\vartheta_{2n-4}}{2^4\vartheta_{2n}}\,\frac{z^4}{1.2.2n-1.2n-2} + \ldots \text{ fin}\right).$$

Beachtet man daher, dass das *letzte* Glied innerhalb der Parenthese dasjenige ist, welches mit der Potenz z^{2n} behaftet ist, und beachtet man ferner, dass $\vartheta_{2n} = \frac{(\Pi n)^2}{\Pi 2n}$ ist, so ergiebt sich schliesslich:

$$\varepsilon_n \Omega^n(z) = \frac{(2^n \Pi n)^2}{z^{2n+2}}\left(1 + \frac{\Theta_2 z^2}{1.2n-1} + \frac{\Theta_4 z^4}{1.2.2n-1.2n-2} + \ldots\ldots + \frac{\Theta_{2n} z^{2n}}{1.2\ldots n.2n-1.2n-2\ldots n}\right),$$

wo die Coefficienten Θ_2, Θ_4, Θ_6, ... Θ_{2n} folgende Bedeutungen haben:

$$\Theta_2 = \frac{\vartheta_{2n-2}}{2^2\vartheta_{2n}} = \frac{1}{2^2}\left(\frac{\Pi n-1}{\Pi n}\right)^2 \frac{\Pi 2n}{\Pi 2n-2} = \frac{1}{2^2}\,\frac{2n.2n-1}{n^2},$$

$$\Theta_4 = \frac{\vartheta_{2n-4}}{2^4\vartheta_{2n}} = \frac{1}{2^4}\left(\frac{\Pi n-2}{\Pi n}\right)^2 \frac{\Pi 2n}{\Pi 2n-4} = \frac{1}{2^4}\,\frac{2n.2n-1.2n-2.2n-3}{(n.n-1)^2},$$

$$\Theta_6 = \frac{\vartheta_{2n-6}}{2^6\vartheta_{2n}} = \frac{1}{2^6}\left(\frac{\Pi n-3}{\Pi n}\right)^2 \frac{\Pi 2n}{\Pi 2n-6} = \frac{1}{2^6}\,\frac{2n.2n-1.2n-2.2n-3.2n-4.2n-5}{(n.n-1.n-2)^2},$$

. . . .

und also einfacher auch so dargestellt werden können:

(60.a)

$$\Theta_2 = \frac{2n-1}{2n},$$

$$\Theta_4 = \frac{2n-1.2n-3}{2n.2n-2},$$

$$\Theta_6 = \frac{2n-1.2n-3.2n-5}{2n.2n-2.2n-4},$$

. . . .

$$\Theta_{2n} = \frac{2n-1.2n-3.2n-5\ldots\ldots 3.1}{2n.2n-2.2n-4\ldots\ldots 4.2}.$$

Hieraus geht sofort hervor, dass die Grössen Θ durchweg *ächte* Brüche sind.

Die ganzen rationalen Functionen von $\frac{1}{z^2}$, *welche mit* $\Omega^n(z)$ *bezeichnet, und durch* (45) *definirt worden sind, nehmen also, wenn man sie nach steigenden, statt nach fallenden Potenzen von* z *ordnet, die in* (60) *angegebene Gestalt an, wo unter* Θ_2, Θ_4, Θ_6, ... Θ_{2n} *die in* (60.*a*) *angegebenen ächten Brüche zu verstehen sind, und unter* ε_n *eine Zahl, welche für* $n=0$ *den Werth* 1, *für* $n > 0$ *den Werth* 2 *besitzt.*

Was andererseits die Functionen $[J^n(z)]^2$ anbelangt, so ist nach (5):

$$[J^n(z)]^2 = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi J^{2n}(2z \sin\omega)\, d\omega.$$

Substituirt man hier für $J^{2n}(2z \sin\omega)$ die aus (1) sich ergebende unendliche Reihe:

$$J^{2n}(2z\sin\omega) = \frac{(2z\sin\omega)^{2n}}{2^{2n}\Pi 2n}\left(1 - \frac{(2z\sin\omega)^2}{2.4n+2} + \frac{(2z\sin\omega)^4}{2.4.4n+2.4n+4} - \cdots\cdots\right),$$

so lässt sich die Integration nach ω mit Leichtigkeit ausführen. Setzt man nämlich zur Abkürzung

$$\frac{1}{\pi}\int_0^\pi (2\sin\omega)^{2p}\, d\omega = \frac{\Pi 2p}{(\Pi p)^2} = \tau_{2p},$$

so ergiebt sich:

$$[J^n(z)]^2 = \frac{z^{2n}}{2^{2n}\Pi 2n}\left(\tau_{2n} - \tau_{2n+2}\frac{z^2}{2.4n+2} + \tau_{2n+4}\frac{z^4}{2.4.4n+2.4n+4} - \cdots\cdots\right),$$

Hieraus aber folgt nach einfachen Reductionen:

$$(61.)\quad [J^n(z)]^2 = \frac{z^{2n}}{(2^n\Pi n)^2}\left(1 - \frac{T_2 z^2}{1.2n+1} + \frac{T_4 z^4}{1.2.2n+1.2n+2} - \cdots\cdots\right),$$

wo T_2, T_4 T_6, ... die Werthe besitzen:

$$(61.a)\qquad \begin{aligned} T_2 &= \frac{2n+1}{2n+2}, \\ T_4 &= \frac{2n+1.2n+3}{2n+2.2n+4}, \\ T_6 &= \frac{2n+1.2n+3.2n+5}{2n+2.2n+4.2n+6}, \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \end{aligned}$$

Zwischen der vorhin für $\Omega^n(z)$ erhaltenen Formel (60). *und zwischen der hier für $[J^n(z)]^2$ sich ergebenden Formel* (61) *findet, obwohl die erstere einen geschlossenen Ausdruck, die letztere aber eine unendliche Reihe darbietet, doch der äusseren Gestaltung nach eine gewisse Aehnlichkeit statt. Ebenso übrigens, wie bei jener Formel Θ_2, Θ_4, Θ_6, ..., ebenso sind auch bei dieser die Coefficienten T_2, T_4, T_6, ... lauter ächte Brüche.*

Sind x und y zwei beliebig gegebene complexe Grössen, also (geometrisch ausgedrückt) irgend zwei Puncte in der z-Ebene, so haben die für diese Grössen gebildeten Functionen $[J^n(x)]^2$ und $\Omega^n(y)$, nach (60) und (61), folgende Werthe:

$$[J^n(x)]^2 = \frac{x^{2n}}{N^2}\left(1 - \frac{T_2 x^2}{1.2n+1} + \frac{T_4 x^4}{1.2.2n+1.2n+2} - \ldots\ldots \text{inf.}\right),$$

$$\varepsilon_n \Omega^n(y) = \frac{N^2}{y^{2n+2}}\left(1 + \frac{\Theta_2 y^2}{1.2n-1} + \frac{\Theta_4 y^4}{1.2.2n-1.2n-2} + \ldots\ldots \text{fin.}\right),$$

wo $N = 2^n \Pi n$ ist. Hieraus ergiebt sich, weil der Modul einer Summe kleiner als die Summe der Moduln ist:

$$\text{mod}[J^n(x)]^2 < \frac{a^{2n}}{N^2}\left(1 + \frac{T_2 a^2}{1.2n+1} + \frac{T_4 a^4}{1.2.2n+1.2n+2} + \ldots\ldots \text{inf.}\right),$$

$$\text{mod}\ \varepsilon_n \Omega^n(y) < \frac{N^2}{b^{2n+2}}\left(1 + \frac{\Theta_2 b^2}{1.2n-1} + \frac{\Theta_4 b^4}{1.2.2n-1.2n-2} + \ldots\ldots \text{fin}\right),$$

wo $a = \text{mod}\ x$ und $b = \text{mod}\ y$ sein soll. Die rechten Seiten dieser Formeln werden, wenn man die in den einzelnen Gliedern vorhandenen Nenner *verkleinert*, und zugleich die *ächten* Brüche T_2, T_4, . . ., Θ_2, Θ_4, . . . fortlässt, noch weiter *vergrössert* werden. Um so mehr also wird:

$$\text{mod}\ [J^n(x)]^2 < \frac{a^{2n}}{N^2}\left(1 + \frac{a^2}{1} + \frac{a^4}{1.2} + \frac{a^6}{1.2.3} + \ldots\ldots \text{inf}\right),$$

$$\text{mod}\ \varepsilon_n \Omega^n(y) < \frac{N^2}{b^{2n+2}}\left(1 + \frac{b^2}{1} + \frac{b^4}{1.2} + \frac{b^6}{1.2.3} + \ldots\ldots \text{fin}\right),$$

In der zweiten Formel endlich wird gegenwärtig der Ausdruck rechts noch weiter vergrössert werden, wenn man seine Glieder nicht abbrechen, sondern ins Unendliche fortlaufen lässt. Somit ergiebt sich:

$$(62)\qquad \begin{aligned} \text{mod}\ [J^n(x)]^2 &< \frac{a^{2n}}{N^2} e^{aa}, \\ \text{mod}\ \varepsilon_n \Omega^n(y) &< \frac{N^2}{b^{2n+2}} e^{bb}. \end{aligned}$$

Setzt man nun fest, dass die Variablen x, y der Bedingung $a < b$ d. i. mod $x <$ mod y unterworfen sein sollen, so lässt sich mit Hülfe dieser Formeln (62) leicht nachweisen [was die nähere Methode dieses Nachweises anbelangt, so verweise ich auf meine Schrift über die Bessel'schen Functionen Seite 27—32], dass die beiden Reihen

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \varepsilon_n \, [J^n(x)]^2 \, \Omega^n(y), \tag{63}$$

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \varepsilon_n \frac{d^p [J^n(x)]^2}{dx^p} \, \frac{d^q \Omega^n(y)}{dy^q} \tag{64}$$

convergent, ihre Werthe also *stetige* Functionen von x, y sind. Hieraus folgt dann weiter, dass die letztere dieser beiden stetigen Functionen aus der erstern abgeleitet werden durch $(p+q)$ malige Differentiation.

Die Reihe (63) ist aber, nach (46), identisch mit

$$\frac{1}{y^2 - x^2};$$

folglich muss die Reihe (64) identisch sein mit

$$\frac{d^{p+q}}{dx^p dy^q} \left(\frac{1}{y^2 - x^2} \right).$$

Somit gelangen wir nun zu folgendem Resultat:

Ebenso wie die in (46) gefundene Entwicklung

$$\frac{1}{y^2 - x^2} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varepsilon_n [J^n(x)]^2 \, \Omega^n(y) \tag{65}$$

gültig ist für jedes beliebige der Bedingung mod $x <$ mod y entsprechende Werthsystem von x, y; ebenso gilt Gleiches auch von allen denjenigen Entwicklungen, die aus dieser hervorgehen durch (beliebig oft wiederholtes) Differenziren nach x und y.

(66) *Hieraus folgt sofort, dass die in (54) und (55) erhaltenen Entwicklungen, ohne Beeinträchtigung ihres Gültigkeit-Gebietes, beliebig oft nach z differenzirt werden können.*

Setzt man zur Abkürzung

$$[J^n(x)]^2 = Q^n, \qquad \Omega^n(y) = \Omega^n,$$

so lässt sich die Entwicklung (65) folgendermassen darstellen:

(67) $$\frac{1}{y^2-x^2} = Q^0\Omega^0 + 2Q^1\Omega^1 + 2Q^2\Omega^2 + 2Q^3\Omega^3 + \ldots\ldots$$

Hieraus folgt durch Differentiation nach x:

$$\frac{2}{(y^2-x^2)^2} = \frac{\Omega^0}{x}\frac{dQ^0}{dx} + \frac{2\Omega^1}{x}\frac{dQ^1}{dx} + \frac{2\Omega^2}{x}\frac{dQ^2}{dx} + \frac{2\Omega^3}{x}\frac{dQ^3}{dx} + \ldots\ldots,$$

oder, wenn man die hier auftretenden $\frac{dQ}{dx}$ mit Hülfe der Formeln (59.a, b) durch die Q selber ausdrückt:

(68) $$\begin{aligned}\frac{2}{(y^2-x^2)^2} = {} & \Omega^0\left(-Q^0 + \frac{2}{1.3}Q^2 + \frac{2}{3.5}Q^4 + \frac{2}{5.7}Q^6 + \ldots\ldots\right)\\ & + \Omega^0\left(-\tfrac{1}{2}Q^1 + \frac{2}{2.4}Q^3 + \frac{2}{4.6}Q^5 + \frac{2}{6.8}Q^7 + \ldots\ldots\right)\\ & + \Omega^1\frac{Q^0-Q^2}{1} + \Omega^3\frac{Q^2-Q^4}{3} + \Omega^5\frac{Q^4-Q^6}{5} + \ldots\ldots\\ & + \Omega^2\frac{Q^1-Q^3}{2} + \Omega^4\frac{Q^3-Q^5}{4} + \Omega^6\frac{Q^5-Q^7}{6} + \ldots\ldots\end{aligned}$$

Andererseits ergiebt sich aus (67) durch Differentiation nach y:

(69) $$\frac{2}{(y^2-x^2)^2} = -\frac{Q^0}{y}\frac{d\Omega^0}{dy} - \frac{2Q^1}{y}\frac{d\Omega^1}{dy} - \frac{2Q^2}{y}\frac{d\Omega^2}{dy} - \frac{2Q^3}{y}\frac{d\Omega^3}{dy} - \ldots\ldots\ldots$$

Aus (68) und (69) aber ergeben sich, weil die in die einzelnen Q multiplicirten Ausdrücke in beiden Formeln *dieselben* sein müssen, folgende Relationen:

$$\begin{aligned}-\frac{1}{y}\frac{d\Omega^0}{dy} &= \Omega^1 - \Omega^0\\ -\frac{2}{y}\frac{d\Omega^1}{dy} &= \frac{\Omega^2}{2} - \frac{\Omega^0}{2},\\ -\frac{2}{y}\frac{d\Omega^2}{dy} &= \frac{\Omega^3}{3} - \frac{\Omega^1}{1} + \frac{2\Omega^0}{1.3},\\ -\frac{2}{y}\frac{d\Omega^3}{dy} &= \frac{\Omega^4}{4} - \frac{\Omega^2}{2} + \frac{2\Omega^0}{2.4},\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ -\frac{2}{y}\frac{d\Omega^n}{dy} &= \frac{\Omega^{n+1}}{n+1} - \frac{\Omega^{n-1}}{n-1} + \frac{2\Omega^0}{n-1.n+1}.\end{aligned}$$

Diese Relationen können, wie man sieht, mit Ausnahme der beiden ersten, welche isolirt dastehen, zusammengefasst werden durch eine einzige Formel. Substituirt man statt y den

Buchstaben z, *so ergiebt sich also, dass für die Functionen* $\Omega^n(z)$ *folgende Formeln gelten*:

$$-\frac{2}{z}\frac{d\Omega^0(z)}{dz} = 2\Omega^1(z) - 2\Omega^0(z)\,,$$

$$(70)\qquad -\frac{2}{z}\frac{d\Omega^1(z)}{dz} = \frac{\Omega^2(z)}{2} - \frac{\Omega^0(z)}{2}\,,$$

$$-\frac{2}{z}\frac{d\Omega^n(z)}{dz} = \frac{\Omega^{n+1}(z)}{n+1} - \frac{\Omega^{n-1}(z)}{n-1} + \frac{2\Omega^0(z)}{(n+1)(n-1)}\,,$$

wo in der letzten Formel n eine der Zahlen 2, 3, 4, 5, . . . ∞ *repräsentirt.*

Schliesslich mag noch bemerkt werden, dass das in (54) über die Entwickelbarkeit einer gegebenen Function $f(z)$ nach den $[J^n(z)]^2$ erhaltene Resultat, durch Benutzung des zuletzt gefundenen Satzes (66), bedeutend verallgemeinert werden kann. Denn mit Hülfe dieses Satzes lässt sich offenbar nachweisen, dass jede gerade Function $f(z)$ in demselben Umfange, wie nach den $[J^n(z)]^2$, auch nach den $\frac{d^p[J^n(z)]^2}{dz^p}$ entwickelbar ist, wo p eine beliebig gegebene *gerade* Zahl sein kann; und dass ferner Gleiches auch gilt von jeder *ungeraden* Function $f(z)$, nur mit dem Unterschiede, dass in diesem Fall unter p eine beliebig gegebene *ungerade* Zahl zu verstehen ist.

Denkt man sich, um auf den Specialfall $p = 1$ etwas näher einzugehen, um den Punct $z = 0$ einen Kreis beschrieben mit dem Radius R, und eine Function $f(z)$ gegeben, welche eindeutig, stetig und *ungerade* ist, solange mod $z < R$ bleibt, so wird die Function

$$(71)\qquad \varphi(z) = \int_0^z f(z)\,dz$$

(die Integrationscurve beschränkt gedacht auf das Innere des genannten Kreises) eindeutig, stetig und *gerade* sein, solange mod $z < R$ bleibt, und folglich entwickelbar sein in eine nach den $[J^n(z)]^2$ fortschreitende Reihe

$$(72)\qquad \varphi(z) = \varkappa_0\,[J^0]^2 + \varkappa_1\,[J^1]^2 + \varkappa_2\,[J^2]^2 + \ldots\ldots$$

Und zwar wird diese Reihe, in welcher zur Abkürzung J^n statt $J^n(z)$ gesetzt ist, gültig sein für jeden der Bedingung mod $z < R$ entsprechenden Werth von z. Diese Entwicklung (72)

kann [zufolge des Satzes (66)], unbeschadet ihres Gültigkeit-Gebietes, nach z differenzirt werden. Somit erhalten wir die Formel:

$$(73) \quad \frac{d\varphi(z)}{dz} = 2x_0 J^0 \frac{dJ^0}{dz} + 2x_1 J^1 \frac{dJ^1}{dz} + 2x_2 J^2 \frac{dJ^2}{dz} + \ldots\ldots,$$

welche wiederum gültig ist für jedes der Bedingung mod $z < R$ entsprechende z. Nach (71) ist aber $\frac{d\varphi(z)}{dz} = f(z)$, und andrerseits ist nach bekannten Eigenschaften der Bessel'schen Functionen:

$$(73.a) \quad \frac{dJ^0}{dz} = -J^1,$$

$$(73.b) \quad \frac{dJ^n}{dz} = \frac{J^{n-1} + J^{n+1}}{2}, \qquad (n = 1, 2, 3 \ldots . \infty).$$

Somit nimmt die Entwicklung (73) folgende Gestalt an:

$$(74) \quad f(z) = -2x_0 J^0 J^1 + x_1 J^1(J^0 - J^2) + x_2 J^2(J^3 - J^4) + \ldots\ldots,$$

oder (was dasselbe ist) folgende:

$$(75) \quad f(z) = (x_1 - 2x_0) J^0 J^1 + (x_2 - x_1) J^1 J^2 + (x_3 - x_2) J^2 J^3 + \ldots\ldots$$

Wir gelangen daher zu folgendem Satz:

Versteht man unter $f(z)$ eine beliebig gegebene Function, welche eindeutig, stetig und ungerade ist, solange mod $z < R$ bleibt, so wird dieselbe immer darstellbar sein durch eine nach den Producten

$$(76) \qquad J^0(z)J^1(z), \quad J^1(z)J^2(z), \quad J^2(z)J^3(z), \ldots\ldots$$

fortschreitende Entwicklung; und zwar wird diese Entwicklung gültig sein für jeden der Bedingung mod $z < R$ entsprechenden Werth von z.

Solche nach den Producten (76) fortschreitende Entwicklungen können z. B. leicht erhalten werden für die *ungeraden* Potenzen:

$$z, \quad z^3, \quad z^5, \quad z^7, \quad z^9, \ldots\ldots;$$

und zwar wird man zu denselben am einfachsten dadurch gelangen, dass man die in (10.*b*) für *gerade* Potenzen gefundenen Entwicklungen nach z differenzirt. Diese Entwicklungen der ungeraden Potenzen sollen sogleich [in (78)] näher angegeben werden.

§ 8. Die Entwicklung ungerader Functionen.

Um die zuletzt besprochenen Entwicklungen in möglichst übersichtlicher Gestaltung zu erhalten, mag [mit Rücksicht auf die Relationen (73.b)] gesetzt werden:

$$(77) \qquad \Pi^q(z) = \frac{d[J^q(z)]^2}{dz} = J^q(z)\Big(J^{q-1}(z) - J^{q+1}(z)\Big) , \qquad q = 1, 2, 3, \ldots . \infty .$$

Aus den Formeln (10.b) folgt alsdann, durch Differentiation nach z und mit Rücksicht auf (73.a), sofort:

$$(78) \quad \begin{aligned} 0 &= -J^0(z)J^1(z) + \Sigma \Pi^q(z) , \\ \frac{2}{2}z &= \frac{1}{2}\Sigma 4q^2 \Pi^q(z) , \\ \frac{4}{2}z^3 &= \frac{1.2}{3.4}\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)\Pi^q(z) , \\ \frac{6}{2}z^5 &= \frac{1.2.3}{4.5.6}\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)\Pi^q(z) , \\ \frac{8}{2}z^7 &= \frac{1.2.3.4}{5.6.7.8}\Sigma 4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)(4q^2-6^2)\Pi^q(z) , \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

wo die Summationen Σ hinerstreckt sind über $q = 1, 2, 3, \ldots . \infty$.

Sind nun x, y zwei beliebig gegebene, der Bedingung mod $x <$ mod y unterworfene complexe Variable, so ist identisch:

$$\frac{x}{y^2-x^2} = \frac{x}{y^2} + \frac{x^3}{y^4} + \frac{x^5}{y^6} + \frac{x^7}{y^8} + \ldots\ldots\ldots$$

Substituirt man hier auf der rechten Seite für die Potenzen $x, x^3, x^5, x^7 \ldots .$ die aus (78), bei Umänderung von z in x, sich ergebenden Entwicklungen, so erhält man augenblicklich:

$$(79) \qquad \frac{x}{y^2-x^2} = \sum_{q=1}^{q=\infty} 2P^q(y)\Pi^q(x) ,$$

wo $P^q(y)$ folgende ganze rationale Function von y^{-2} repräsentirt:

$$(80) \quad P^q(y) = \frac{1}{2}\frac{4q^2}{2y^2} + \frac{1.2}{3.4}\frac{4q^2(4q^2-2^2)}{4y^4} + \frac{1.2.3}{4.5.6}\frac{4q^2(4q^2-2^2)(4q^2-4^2)}{6y^6} + \ldots .$$

Mit Rücksicht auf die Bedeutung von Π^q (77) kann die Entwicklung (79) angesehen werden als *eine nach den Producten*

$$J^0(x)J^1(x), \quad J^1(x)J^2(x), \quad J^2(x)J^3(x), \ldots\ldots$$

fortschreitende Entwicklung. Hieraus aber folgt [Satz (76)] sofort, *dass diese Entwicklung gültig ist für sämmtliche Werthsysteme von x, y, welche der Bedingung mod $x <$ mod y Genüge leisten.*

In (35) war für eine *gerade* Function $f(z)$ die Formel gefunden:

(81) $$f(c) = \frac{1}{2\pi i}\int \frac{f(z).zdz}{z^2-c^2},$$

die Integration positiv hinerstreckt über eine um den Punct $z = 0$ beschriebene und den Punct $z = c$ umschliessende Kreisperipherie.

Eine ähnliche Formel lässt sich mit Leichtigkeit herleiten für eine *ungerade* Function $f(z)$, vorausgesetzt, dass dieselbe im Uebrigen denselben Bedingungen Genüge leistet, welche zur Gültigkeit der Formel (81) erforderlich sind. Man findet nämlich für eine solche Function die Formel:

(82) $$f(c) = \frac{1}{2\pi i}\int \frac{f(z).cdz}{z^2-c^2}.$$

die Integration wiederum positiv hinerstreckt über eine um den Punct $z = 0$ beschriebene und den Punct $z = c$ umschliessende Kreisperipherie. Nun ist nach (79):

(83) $$\frac{c}{z^2-c^2} = \sum_{q=1}^{q=\infty}{}' 2P^q(z)\Pi^q(c).$$

Somit folgt aus (82):

(84) $$f(c) = \sum_{q=1}^{q=\infty} \lambda_q \Pi^q(c),$$

wo die Coefficienten λ_q die Werthe besitzen:

(85) $$\lambda_q = \frac{1}{\pi i}\int f(z)P^q(z)dz,$$

die Integration wiederum positiv hinerstreckt über die genannte Kreisperipherie.

Durch diese und ähnliche Betrachtungen ergiebt sich, dass eine Function, welche auf einer *Kreisfläche* eindeutig, stetig und *ungerade* bleibt, immer entwickelbar ist in eine nach den Functionen Π^q fortschreitende Reihe, und dass andrerseits eine

Function, welche eindeutig, stetig und *ungerade* bleibt auf einer von zwei concentrischen Kreisen begrenzten *ringförmigen Fläche*, immer entwickelbar ist in eine nach den Π^q und P^q fortschreitende Doppelreihe. Dabei wird immer vorausgesetzt, dass die Mittelpuncte der genannten Kreise in $z = 0$ liegen.

Kurz, es ergeben sich für eine *ungerade* Function zwei Sätze, welche vollkommen analog sind mit denjenigen, die früher [in (54) und (55)] für eine *gerade* Function gefunden sind. Und gleichzeitig ergeben sich auch analoge allgemeine Methoden zur Bestimmung der in diesen Entwicklungen einer *ungeraden* Function auftretenden constanten Coefficienten.

Vor etwa einem Jahre hat bekanntlich Heine eine Untersuchung über die Bessel'schen Functionen J^n veröffentlicht (Borchardt's Journal, Bd. 69, S. 128), welche schon deswegen im höchsten Grade werthvoll ist, weil erst durch sie *der zwischen den J^n und zwischen den Kugelfunctionen P^n stattfindende Zusammenhang* in deutlicher und vollständiger Weise aufgedeckt wurde. Bei dieser Gelegenheit bemerkt Heine mit vollem Recht, dass die Functionen J^n nicht als *Bessel*'sche, sondern als *Fourier-Bessel*'sche Functionen, oder auch wohl kürzer als *Cylinder*functionen zu bezeichnen sind. Mit Rücksicht hierauf ist die Ueberschrift des vorliegenden Aufsatzes gewählt. Im Texte selber aber habe ich mir erlaubt an meiner früheren Bezeichnungsweise festzuhalten, um nicht durch Gebrauch des Namens *Fourier-Bessel*'sche Functionen eine beschwerliche Weitläufigkeit, oder durch Gebrauch des Namens *Cylinder*functionen eine unangenehme Discontinuität mit meinen früheren Arbeiten hervorzurufen.

Carl Neumann, *Ueber den Satz der virtuellen Verrückungen.*

Ist ein in seiner Beweglichkeit durch *gegebene Bedingungen* $\varphi_1 = 0, \varphi_2 = 0, \ldots \varphi_p = 0$ beschränktes System materieller Puncte der Einwirkung *gegebener Kräfte* unterworfen, so werden bekanntlich die der Bewegung des Systems entsprechenden Differential-Gleichungen abgeleitet aus dem sogenannten Satz der virtuellen Verrückungen. Mehrfach ist darauf hingewiesen worden, dass die für diesen Satz gegebenen Deductionen keineswegs die erforderliche Strenge und Allgemeinheit besitzen, namentlich auch nicht gehörige Rücksicht nehmen auf diejenigen Fälle, in welchen die (in den Bedingungs-Gleichungen auftretenden) Functionen $\varphi_1, \varphi_2, \ldots \varphi_p$, ausser von den Coordinaten, auch *von der Zeit* abhängig sind. Vor wenig Jahren ist auf die hier vorhandene Lücke von Neuem hingewiesen worden durch die Publication der *Jacobi*'schen Vorlesungen. Dort wird gesagt*), nach der Ansicht vieler Mathema-

*) *Jacobi*'s Vorlesungen über Dynamik, herausgegeben von *A. Clebsch.* Berlin. 1866. Seite 15. Vergl. übrigens auch S. 54—57. — Viel eingehender, als in dieser von *Jacobi* zu *Königsberg* im Wintersemester 1842—43 gehaltenen Vorlesung, ist übrigens der Satz der virtuellen Verrückungen von dem grossen Mathematiker besprochen worden in einer im Wintersemester 1847—48 zu *Berlin* gehaltenen Vorlesung, deren Inhalt (bis jetzt leider nicht publicirt) mir bekannt wurde durch ein sehr ausführliches Vorlesungs-Heft, welches von meinem Collegen *Scheibner*, einem damaligen Zuhörer *Jacobi*'s, ausgearbeitet ist, und dessen Durchsicht mir gütigst gestattet war. Während jene *Königsberger* Vorlesung fast ausschliesslich nur die Darlegung und Vervollkommnung der in der Mechanik anzuwendenden *analytischen Methoden* zu ihrem Gegenstande hat, zeichnet sich die genannte *Berliner* Vorlesung aus durch eine Kritik der *Fundamente der Mechanik*, wie sie in solcher Schärfe wohl bis zum heutigen Tag noch niemals zur öffentlichen Aussprache gelangt sein dürfte.

Was den Satz der virtuellen Verrückungen betrifft, so dürften gegen

tiker, namentlich auch nach der von *Gauss* sei der in Rede stehende Satz als ein *Princip* aufzufassen, von einer mathematischen Deduction desselben also Abstand zu nehmen.

Allerdings scheint eine solche Deduction möglich zu sein,

---

die bis jetzt versuchten Beweise dieses Satzes (*Jacobi* spricht immer nur von den »*vermeintlichen*« Beweisen des Satzes) der Hauptsache nach etwa folgende Momente geltend zu machen sein.

1). Handelt es sich um ein System materieller Puncte, welches in seiner Beweglichkeit beschränkt ist durch eine gegebene Bedingungsgleichung, so pflegt man den Satz der virtuellen Verrückungen in der Art zu beweisen, dass man zunächst diese Gleichung ersetzt durch eine geeignete *materielle Verbindung* der Puncte. Hinter diesem Verfahren verbirgt sich ein gewisser *nicht weiter zu beweisender Grundsatz*, nämlich das *Princip*, dass eine solche materielle Verbindung — unbeschadet der eintretenden Bewegung — ersetzt werden könne durch jede *andere* solche Verbindung, falls nur beide auf *dieselbe* Gleichung führen. (Vrgl. die *Jacobi*'schen Vorlesungen, edirt von *Clebsch*. Seite 57).

2). Wollte man, um ein derartiges *Princip* zu vermeiden, die gegebene Bedingungsgleichung *geradezu* zur Grundlage der Untersuchung nehmen, *ohne* sie zuvor durch eine passende materielle Verbindung der Puncte ersetzt zu haben; so würde man, das mechanische Problem zu lösen, völlig ausser Stande sein. — Soll z. B. (um den einfachsten Fall ins Auge zu fassen) ein Punct m gezwungen sein, auf einer gegebenen Fläche zu bleiben (diese Fläche ist jetzt *nicht* materiell zu denken), und sind gleichzeitig die auf den Punct m einwirkenden Kräfte, sowie auch sein Anfangszustand gegeben, so zeigt sich, dass diese Data *nicht ausreichend* sind, um, auf sie gestützt, den Ort des Punctes für einen gegebenen späteren Zeitaugenblick bestimmen zu können. Denn zur Ermittelung des gesuchten Ortes ist eigentlich nur *eine* Vorschrift vorhanden, nämlich die Gleichung der gegebenen Fläche; die fernere Vorschrift, dass gegebene Kräfte den Punct sollicitiren sollen, giebt an und für sich keinen Aufschluss, weil sie etwas ganz *Heterogenes* besagt, sofern die Kräfte den Punct nicht auf der Fläche zu belassen streben. Demgemäss ist die Aufgabe nicht lösbar, solange nicht irgend ein *Princip* acceptirt wird, nach welchem jene beiderlei Bewegungs-Vorschriften combinirt, und in ihrer gegenseitigen Einwirkung auf einander bestimmt werden können. (Das hier Gesagte ist fast wörtlich entnommen aus dem *Scheibner*'schen Vorlesungs-Heft, Seite 72.)

3). Endlich ist noch hervorzuheben, dass die für den Satz der virtuellen Verrückungen versuchten Beweise nicht gehörige Rücksicht nehmen auf den — gewiss nicht unwichtigen — Fall, dass die gegebenen Bedingungsgleichungen mit der Zeit behaftet sind.

Beiläufig mag mir gestattet sein zu bemerken, dass ich von dem Inhalt des *Scheibner*'schen Heftes erst zu einer Zeit Kenntniss erhalten habe, wo meine Untersuchung, die im Folgenden dargelegt werden soll, bereits vollendet war.

sobald man die gegebenen Bedingungen $\varphi_1 = 0, \varphi_2 = 0, \ldots \varphi_p = 0$ *durch Kräfte zu ersetzen* sucht. Diese (zu den *gegebenen* Kräften hinzutretenden) *fingirten* Kräfte müssen mit jenen Bedingungen äquivalent sein; sie müssen also das Punctsystem von einer *Ueberschreitung* des durch die Bedingungen vorgeschriebenen Spielraums abzuhalten im Stande, und gleichzeitig von solcher Beschaffenheit sein, dass sie einer Bewegung *innerhalb* dieses Spielraums keinerlei Widerstand entgegensetzen. So drängt sich die Vermuthung auf dass das Potential dieser *fingirten* Kräfte die Form besitzen müsse:

$$\Pi_1(\varphi_1) + \Pi_2(\varphi_2) + \ldots + \Pi_p(\varphi_p),$$

wo $\Pi_1, \Pi_2, \ldots \Pi_p$ noch zu bestimmende Functionen sind. — Bevor indessen die hiemit angedeuteten Betrachtungen in ausführlicher Weise exponirt werden, mag zunächst bemerkt werden, dass dieselben sich stützen werden auf folgenden bekannten Satz, welcher unmittelbar entspringt aus der Definition der Kräfte:

Wirken auf ein völlig freies System materieller Puncte m_i mit den Coordinaten x_i, y_i, z_i die beliebig gegebenen Kräfte ein X_i, Y_i, Z_i, $(i = 1, 2, \ldots n)$; so gelten für die Bewegung des Systems folgende $3n$ Differentialgleichungen:

$$(1) \qquad \begin{aligned} m_i \frac{d^2x_i}{dt^2} &= X_i, \\ m_i \frac{d^2y_i}{dt^2} &= Y_i, \\ m_i \frac{d^2z_i}{dt^2} &= Z_i. \end{aligned}$$

Dabei ist es gleichgültig, ob die Kräfte X_i, Y_i, Z_i nur von den Coordinaten, oder ob sie ausser von diesen auch noch von der Zeit abhängen.

Soll übrigens der Satz in voller Strenge angegeben werden, so ist noch hinzuzufügen, dass Coordinaten und Kräfte bezogen zu denken sind auf ein *absolut festes* rechtwinckliges Axensystem. Diese Voraussetzung wird im Folgenden bei den Coordinaten und Kräften *durchweg* festzuhalten sein; es wird daher überflüssig sein, sie jedesmal von Neuem zu wiederholen.

§ 1. Betrachtung eines materiellen Punctes, dessen Beweglichkeit beschränkt ist durch eine gegebene von der Zeit unabhängige Bedingung.

Ein materieller Punct m mit den Coordinaten x, y, z sei in seiner Beweglichkeit beschränkt durch eine gegebene Bedingungsgleichung

$$\varphi(x, y, z) = 0 \quad \text{oder} \quad \varphi = 0. \tag{2}$$

Er sei also gezwungen, auf der durch $\varphi = 0$ dargestellten *Fläche* zu bleiben. Diejenige Seite dieser Fläche, auf welcher die Function φ positive Werthe besitzt, mag kurzweg als *positive*, die andere als *negative Seite* bezeichnet werden.

Sind x, y, z die Coordinaten eines beliebigen auf der Fläche gelegenen Punctes a, ist ferner N die in a auf der Fläche — und zwar nach beiden Seiten hin — errichtete Normale, und versteht man endlich unter ε eine *positive* unendlich kleine Grösse: so werden offenbar

$$\begin{aligned} x + \Delta x &= x \pm \varepsilon \frac{\partial\varphi}{\partial x}, \\ y + \Delta y &= y \pm \varepsilon \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \\ z + \Delta z &= z \pm \varepsilon \frac{\partial\varphi}{\partial z}, \end{aligned} \tag{3}$$

die Coordinaten eines Punctes b sein, welcher ebenfalls auf N, und unendlich nahe an a liegt. Bezeichnet man diesen Punct b, jenachdem in den Formeln (3) der Factor $+\varepsilon$ oder $-\varepsilon$ genommen wird, im ersten Fall mit b_1, im letztern mit b_2, so werden die Puncte b_1, b_2 zu verschiedenen Seiten von a, und gleich weit von a entfernt liegen.

Der mit Δx, Δy, Δz correspondirende Zuwachs $\Delta\varphi$ der Function φ besitzt den Werth:

$$\Delta\varphi = \frac{\partial\varphi}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\Delta y + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\Delta z,$$

und kann daher [mit Rücksicht auf (3)] auch so dargestellt werden:

$$\Delta\varphi = \pm\varepsilon\left\{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2\right\}.$$

Hieraus folgt, dass $\Delta\varphi$ positiv ist für b_1, negativ für b_2.

Das $\Delta\varphi$ bezeichnet aber den *Zuwachs*, welchen die — *in a verschwindende* — Function φ erhält beim Uebergange von a nach b, und ist daher identisch mit dem Werthe dieser Function in b. Somit ergiebt sich, dass die Function φ in b_1 einen positiven, in b_2 einen negativen Werth besitzt; mit andern Worten, *dass b_1 auf der positiven, b_2 auf der negativen Seite der Fläche $\varphi = 0$ liegt.*

Aus den Formeln (3) folgt, dass die Richtungen der Linien

$$(4)\qquad ab_1 \quad \text{und} \quad ab_2$$

repräsentirt *) sind durch die Grössen

$$(4.\alpha)\quad \frac{\partial\varphi}{\partial x},\ \frac{\partial\varphi}{\partial y},\ \frac{\partial\varphi}{\partial z} \quad \text{und} \quad -\frac{\partial\varphi}{\partial x},\ -\frac{\partial\varphi}{\partial y},\ -\frac{\partial\varphi}{\partial z}\,.$$

Sind a_1, a_2 die Mittelpuncte der beiden unendlich kleinen Linienelemente ab_1, ab_2, und werden die Werthe der Grössen x, y, z, φ in diesen neuen Puncten a_1 und a_2 bezeichnet mit x_1, y_1, z_1, φ_1 und x_2, y_2, z_2, φ_2, so werden die zur Repräsentation der Richtungen (4) dienenden Grössen (4.α) ersetzt werden können durch die von diesen nur unendlich wenig verschiedenen Grössen:

$$(4.\beta)\quad \frac{\partial\varphi_1}{\partial x_1},\ \frac{\partial\varphi_1}{\partial y_1},\ \frac{\partial\varphi_1}{\partial z_1} \quad \text{und} \quad -\frac{\partial\varphi_2}{\partial x_2},\ -\frac{\partial\varphi_2}{\partial y_2},\ -\frac{\partial\varphi_2}{\partial z_2}\,,$$

folglich, wenn p, q beliebige *positive* Factoren sind, auch ersetzt werden können durch folgende Grössen:

$$(4.\gamma)\quad p\frac{\partial\varphi_1}{\partial x_1},\ p\frac{\partial\varphi_1}{\partial y_1},\ p\frac{\partial\varphi_1}{\partial z_1} \quad \text{und} \quad -q\frac{\partial\varphi_2}{\partial x_2},\ -q\frac{\partial\varphi_2}{\partial y_2},\ -q\frac{\partial\varphi_2}{\partial z_2}\,.$$

Da nun a_1 auf der positiven, a_2 auf der negativen Seite der Fläche liegt, mithin $\varphi_1 =$ pos., $\varphi_2 =$ neg. ist, so kann für p der Werth φ_1, und für $-q$ der Werth φ_2 genommen werden.

Die Richtungen von ab_1 und ab_2 oder (was dasselbe ist) die Richtungen von

$$(5)\qquad aa_1 \quad \text{und} \quad aa_2$$

---

*) Sind die Richtungscosinus einer gegebenen Linie ab von drei gegebenen Grössen u, v, w nur durch einen gemeinschaftlichen, und zwar *positiven* Factor verschieden, so soll kurzweg gesagt werden, die Richtung der Linie ab sei *repräsentirt* durch die Grössen u, v, w.

werden also repräsentirt sein durch die Grössen

$$(5.\alpha)\qquad \varphi_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial x_1},\ \varphi_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial y_1},\ \varphi_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial z_1}\ \text{ und }\ \varphi_2\frac{\partial\varphi_2}{\partial x_2},\ \varphi_2\frac{\partial\varphi_2}{\partial y_2},\ \varphi_2\frac{\partial\varphi_2}{\partial z_2}$$

Folglich werden die *entgegengesetzten* Richtungen, nämlich die von beiden Seiten nach der Fläche hinlaufenden Richtungen

$$(6)\qquad a_1a \quad \text{und} \quad a_2a$$

repräsentirt sein durch die Grössen:

$$(6.\alpha)\qquad -\varphi_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial x_1},\ -\varphi_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial y_1},\ -\varphi_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial z_1},\ \text{ und }\ -\varphi_2\frac{\partial\varphi_2}{\partial x_2},\ -\varphi_2\frac{\partial\varphi_2}{\partial y_2},\ -\varphi_2\frac{\partial\varphi_2}{\partial z_2}\ .$$

Und Gleiches wird von den letztgenannten Grössen auch dann noch gelten, wenn denselben beliebige *positive* Factoren, z. B. die Factoren

$$2Ke^{K\varphi_1\varphi_1} \qquad \text{und} \qquad 2Ke^{K\varphi_2\varphi_2}$$

beigesellt werden. Dabei soll $e = 2,718\ldots$, und K eine beliebige *positive* Constante sein.

Setzt man daher:

$$(7)\qquad \begin{aligned} \Xi &= -2Ke^{K\varphi\varphi}\cdot\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial x} = -\frac{\partial}{\partial x}\left(e^{K\varphi\varphi}\right),\\ \mathrm{H} &= -2Ke^{K\varphi\varphi}\cdot\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial y} = -\frac{\partial}{\partial y}\left(e^{K\varphi\varphi}\right),\\ \mathrm{Z} &= -2Ke^{K\varphi\varphi}\cdot\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial z} = -\frac{\partial}{\partial z}\left(e^{K\varphi\varphi}\right), \end{aligned}$$

und denkt man sich Ξ, H, Z als die Componenten einer auf den Punct m oder x, y, z einwirkenden Kraft, so wird diese Kraft den Punct m, falls derselbe sich in a_1 oder a_2 befinden sollte, nach der Fläche hinstossen, nämlich nach a treiben. Und gleichzeitig wird diese Kraft Null sein, falls der Punct sich in a selber, d. i. auf der Fläche befinden sollte; denn der in Ξ, H, Z enthaltene Factor φ verschwindet, sobald der Punct in a liegt.

Unsere Betrachtung bezieht sich auf eine *beliebig* gewählte Stelle der gegebenen Fläche, und ist daher gültig für *jede* Stelle derselben. Wo also der Punct m oder x, y, z auf der Fläche sich auch befinden mag, immer wird er, wenn er sich nach der einen oder andern Seite von der Fläche entfernen wollte, durch die Kräfte Ξ, H, Z wieder zur Fläche zurückgetrieben werden. Auch bemerkt man, dass die Intensität dieser Kräfte durch gehörige Vergrösserung der positiven Constanten K auf jede be-

liebige Höhe gebracht werden kann, und dass sie trotzdem (in Folge jenes Factors φ) beständig Null sein werden, solange der Punct m auf der Fläche bleibt, dass sie also einer Bewegung des Punctes längs der Fläche hin nicht den mindesten Widerstand entgegensetzen. Somit ergiebt sich, *dass diese Kräfte* Ξ, H, Z *äquivalent sind mit der gegebenen Bedingungsgleichung* $\varphi = 0$. Setzt man übrigens zur Abkürzung:

$$\Pi = e^{K\varphi\varphi} \tag{8}$$

so können die Kräfte Ξ, H, Z einfacher so dargestellt werden:

$$\begin{aligned} \Xi &= -\frac{\partial\Pi}{\partial x} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial x}, \\ H &= -\frac{\partial\Pi}{\partial y} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial y}, \\ Z &= -\frac{\partial\Pi}{\partial z} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial z}. \end{aligned} \tag{9}$$

Somit würde die Function Π zu bezeichnen sein als das *Potential* der Kräfte Ξ, H, Z. Denn durchweg werde ich unter dem *Potential* diejenige Function der Coordinaten verstehen, deren *negative* Ableitungen die Kräfte repräsentiren.

Wir wollen nun annehmen, ausser der *festgesetzten Bedingungsgleichung* $\varphi = 0$ seien noch *gegebene Kräfte* X, Y, Z vorhanden, welche auf den Punct m oder x, y, z einwirken; es solle die in Folge dieser beiderlei Ursachen eintretende Bewegung des Punctes ermittelt werden.

Auch in diesem Falle werden wir jene *fingirten Kräfte* Ξ, H, Z, durch gehörige Vergrösserung der positiven Constanten K, so intensiv machen können, dass sie die Stelle der gegebenen Bedingungsgleichung mit beliebig starker Annäherung zu vertreten im Stande sind, folglich statt jener Bedingungsgleichung substituirt werden können. Thun wir solches, so verwandelt sich der Punct m in einen *frei beweglichen* Punct, während gleichzeitig die auf ihn einwirkenden Kräfte X, Y, Z sich verwandeln in die Kräfte $X + \Xi$, $Y + H$, $Z + Z$. Somit erhalten wir [zufolge des Satzes (1)] für die Bewegung des Punctes folgende Differentialgleichungen:

$$
(10)\qquad
\begin{aligned}
m\frac{d^2x}{dt^2} &= X + \Xi = X - \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial x}\,, \\
m\frac{d^2y}{dt^2} &= Y + \mathrm{H} = Y - \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial y}\,, \\
m\frac{d^2z}{dt^2} &= Z + \mathrm{Z} = Z - \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial z}\,.
\end{aligned}
$$

Denken wir uns die in Π (8) enthaltene Constante K gegen *Unendlich* anwachsend, so wird die durch diese Differentialgleichungen (10) sich bestimmende Bewegung nur *unendlich wenig* abweichen von der gegebenen Bedingungsgleichung

$$
(11)\qquad \varphi = 0\,;
$$

so dass wir also, bei Vernachlässigung dieser unendlich geringen Abweichung, für die *drei* Unbekannten x, y, z im Ganzen *vier* Gleichungen erhalten, nämlich die Gleichungen (10) und (11), mithin eine Gleichung mehr, als erforderlich ist.

Statt also den in (10) enthaltenen Factor $\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}$ aufzufassen als die Ableitung der gegebenen Function (8), können wir jenen Factor in dem hier betrachteten Falle ansehen als eine *neue Unbekannte*, welche hinzutritt zu den Unbekannten x, y, z, und mit diesen zusammen ihre Bestimmung findet durch die *vier* vorhandenen Gleichungen (10) und (11). Diese Gleichungen nehmen, falls $\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}$ mit λ bezeichnet wird, die Form an:

$$
(12)\qquad
\begin{aligned}
m\frac{d^2x}{dt^2} &= X - \lambda\frac{\partial \varphi}{\partial x}\,, \\
m\frac{d^2y}{dt^2} &= Y - \lambda\frac{\partial \varphi}{\partial y}\,, \\
m\frac{d^2z}{dt^2} &= Z - \lambda\frac{\partial \varphi}{\partial z}\,, \\
\varphi &= 0\,,
\end{aligned}
$$

und werden also dienen können zur Lösung des gestellten Problems, nämlich zur Berechnung der vier Unbekannten x, y, z, λ.

Hieraus ergiebt sich leicht der *Satz der virtuellen Verrückungen*. Sind nämlich δx, δy, δz irgend welche mit der Gleichung $\varphi = 0$ in Einklang stehende Zuwüchse der Coordinaten x, y, z, so ergiebt sich aus den Gleichungen (12), durch

Multiplication mit δx, δy, δz und sodann ausgeführte Addition, die Formel:

$$(13)\quad \left(X - m\frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x + \left(Y - m\frac{d^2y}{dt^2}\right)\delta y + \left(Z - m\frac{d^2z}{dt^2}\right)\delta z = 0 .$$

Auch lässt sich leicht zeigen, dass diese Formel in Verbindung mit $\varphi = 0$ *völlig gleichbedeutend* ist mit den Gleichungen (12), jene Gleichungen nämlich mit Nothwendigkeit nach sich zieht.

Wir wollen nun untersuchen, in wie weit die hier exponirte Methode zur Ableitung des Satzes der virtuellen Verrückungen anwendbar ist, falls es sich nicht um *einen* Punct, sondern um die Bewegung *mehrerer* Puncte handelt.

§ 2. Betrachtung zweier materiellen Puncte, deren Beweglichkeit beschränkt ist durch eine gegebene von der Zeit unabhängige Bedingung.

Es handele sich um die Bewegung *zweier* Puncte m_1 und m_2 mit den Coordinaten x_1, y_1, z_1 und x_2, y_2, z_2, welche getrieben werden von *gegebenen Kräften* X_1, Y_1, Z_1 und X_2, Y_2, Z_2, in ihrer Beweglichkeit aber beschränkt sind durch eine *gegebene Bedingungsgleichung:*

$$(14)\qquad \varphi\,(x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2) = 0 \quad \text{oder} \quad \varphi = 0 .$$

Wiederum werden an Stelle dieser Gleichung gewisse auf m_1 und m_2 einwirkende *fingirte Kräfte* Ξ_1, H_1, Z_1 und Ξ_2, H_2, Z_2 substituirt werden können. Setzen wir, ebenso wie früher,

$$(15)\qquad \Pi = e^{K\varphi\varphi}$$

und verstehen wir dabei unter K eine gegen Unendlich anwachsende positive Constante, so können wir für jene zu fingirenden Kräfte folgende Werthe wählen:

$$(16)\qquad \begin{aligned}
\Xi_1 &= -\frac{\partial\Pi}{\partial x_1} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}, & \Xi_2 &= -\frac{\partial\Pi}{\partial x_2} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial x_2},\\
H_1 &= -\frac{\partial\Pi}{\partial y_1} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial y_1}, & H_2 &= -\frac{\partial\Pi}{\partial y_2} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial y_2},\\
Z_1 &= -\frac{\partial\Pi}{\partial z_1} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial z_1}, & Z_2 &= -\frac{\partial\Pi}{\partial z_2} = -\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial z_2}.
\end{aligned}$$

Denn die Puncte m_1 und m_2 werden (wie leicht zu erkennen ist), falls sie den durch die Bedingung $\varphi = 0$ vorgeschriebenen



Spielraum *überschreiten* wollten, durch jene Kräfte (16) in diesen Spielraum mit einer Gewalt zurückgetrieben werden, die, wenn K gegen Unendlich anwächst, ebenfalls ins Unendliche zunimmt. Zugleich aber werden sie andererseits bei einer Bewegung, die *innerhalb* des genannten Spielraumes bleibt, nämlich mit der Gleichung $\varphi = 0$ verträglich ist, von Seiten jener Kräfte nicht im mindesten beeinflusst (weder gehemmt, noch gefördert) werden.

Substituiren wir nun die Kräfte (16) an Stelle der gegebenen Bedingung $\varphi = 0$, und setzen wir (ähnlich wie früher) $\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = \lambda$, so erhalten wir für die Bewegung der beiden Puncte [zufolge des Satzes (1)] folgende Differentialgleichungen:

$$(17)\quad \begin{aligned} m_1 \frac{d^2x_1}{dt^2} &= X_1 - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_1}, \quad & m_2 \frac{d^2x_2}{dt^2} &= X_2 - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_2}, \\ m_1 \frac{d^2y_1}{dt^2} &= Y_1 - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial y_1}, \quad & m_2 \frac{d^2y_2}{dt^2} &= Y_2 - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial y_2}, \\ m_1 \frac{d^2z_1}{dt^2} &= Z_1 - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial z_1}, \quad & m_2 \frac{d^2z_2}{dt^2} &= Z_2 - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial z_2}, \\ & & \varphi &= 0. \end{aligned}$$

Somit scheint es, als wenn wir wiederum zum *Satz der virtuellen Verrückungen* gelangen. Denn dass die eben gefundenen Gleichungen (17) zu diesem Satze mit Nothwendigkeit hinleiten, unterliegt keinem Zweifel.

Aber — jenen fingirten Kräften Ξ_1, H_1, Z_1, Ξ_2, H_2, Z_2 *können wir, statt der Werthe* (16), *mit genau demselben Recht auch folgende Werthe beilegen:*

$$(18)\quad \begin{aligned} \Xi_1 &= -5\frac{\partial \Pi}{\partial x_1}, \quad & \Xi_2 &= -8\frac{\partial \Pi}{\partial x_2}, \\ H_1 &= -5\frac{\partial \Pi}{\partial y_1}, \quad & H_2 &= -8\frac{\partial \Pi}{\partial y_2}, \\ Z_1 &= -5\frac{\partial \Pi}{\partial z_1}, \quad & Z_2 &= -8\frac{\partial \Pi}{\partial z_2}, \end{aligned}$$

wo die Zahlen 5 und 8 *ad libitum* gewählt sind, nämlich ebensogut durch irgend welche andere Zahlen ersetzt werden könnten. Denn ebenso wie die Kräfte (16), ebenso werden auch die Kräfte (18) jede *Ueberschreitung* des durch $\varphi = 0$ gegebenen Spielraumes mit grösster Gewalt verhindern, und ohne Einfluss sein auf eine Bewegung *innerhalb* dieses Spielraumes.

Substituiren wir nun aber diese Kräfte (18) an Stelle der gegebenen Bedingung $\varphi = 0$, so gelangen wir *nicht mehr* zu den Gleichungen (17), sondern zu Gleichungen, in denen der beim Puncte m_1 auftretende Factor λ durch 5λ, und der beim Puncte m_2 auftretende Factor λ durch 8λ sich ersetzt findet, also zu Gleichungen, welche mit dem *Satz der virtuellen Verrückungen* in offenbarem *Widerspruch* stehen. — Dieses einfache Beispiel führt unmittelbar zu folgender allgemeinen Bemerkung:

Sollen die bei einem mechanischen Problem gegebenen Bedingungsgleichungen als hervorgegangen betrachtet werden aus der Wirkung irgend welcher Kräfte, die mit den Bedingungsgleichungen äquivalent, sonst aber nicht näher bekannt sind, so wird das Problem ein völlig unbestimmtes sein. Denn man wird jene mit den Bedingungsgleichungen äquivalenten Kräfte in sehr verschiedenartiger Weise wählen

(19) *können, und dabei jedesmal eine andere Lösung erhalten.*

Unter all' diesen verschiedenen Lösungen kann nur eine vorhanden sein, welche mit dem Satz der virtuellen Verrückungen in Einklang steht. Demgemäss muss dieser Satz, allgemein betrachtet, als ungültig bezeichnet werden, — es sei denn, dass über jene hinter den Bedingungsgleichungen verborgenen Kräfte irgend welche näheren Voraussetzungen acceptirt werden sollen.

Wir werden sofort zeigen, dass solche Voraussetzungen in allgemeiner Weise sich angeben lassen, und zwar gleichgültig ob die gegebenen Bedingungsgleichungen nur die Coordinaten, oder ob sie ausser diesen auch noch die *Zeit* enthalten.

Zunächst aber wollen wir auf das betrachtete Beispiel noch ein wenig näher eingehen, indem wir gleichzeitig annehmen, die Bedingungsgleichung $\varphi = 0$ wäre in ganz specieller Weise gegeben; sie wäre repräsentirt durch:

$$(\alpha.) \qquad \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} - l = 0,$$

d. i. durch

$$(\alpha'.) \qquad r - l = 0,$$

wo r die gegenseitige Entfernung der beiden Puncte, und l eine gegebene Constante bedeutet. Die [in (15) angegebene] Function Π hat alsdann die Form:

$$(\beta.) \qquad \Pi = e^{K(r-l)^2}.$$

Somit ergiebt sich, dass die Kräfte (16) im gegenwärtigen Falle dargestellt sind durch zwei respective auf m_1 und m_2 einwirkende Kräfte

$$(\gamma.)\qquad P_1 = -2K(r-l)e^{K(r-l)^2}, \quad P_2 = -2K(r-l)e^{K(r-l)^2},$$

von denen jede ihrer Richtung nach bestimmt ist durch die Verbindungslinie r der beiden Puncte. Dabei sind P_1 und P_2 beide *repulsiv* gerechnet, also P_1 gerechnet nach der Richtung der über m_1 verlängerten Linie r, und P_2 gerechnet nach der Richtung der über m_2 verlängerten Linie r. — Andererseits ergiebt sich, dass die Kräfte (18) im gegenwärtigen Fall dargestellt sein werden durch folgende beiden Kräfte:

$$(\delta.)\qquad P_1 = -10K(r-l)e^{K(r-l)^2}, \quad P_2 = -16K(r-l)e^{K(r-l)^2}.$$

Denken wir uns K ungemein gross, so werden die Kräfte (γ.) jedes Anwachsen der Entfernung r über l hinaus, sowie auch jedes Sinken derselben unter l mit grösster Gewalt zu verhindern bestrebt sein; und gleichzeitig wirkungslos, nämlich Null sein, sobald die Entfernung *gleich* l ist. Genau dasselbe gilt andererseits auch von den Kräften (δ.). Somit können die Kräfte (γ.), ebensogut aber auch die Kräfte (δ.), bezeichnet werden als *äquivalent mit der gegebenen Bedingungsgleichung* (α.).

Bei genauerer Betrachtung indessen zeigt sich leicht, dass zwischen der Wirkungsweise der Kräfte (γ.) und (δ.) ein Unterschied vorhanden ist, und zwar deswegen, *weil bei eintretender Bewegung* — gleichgültig ob die Kräfte (γ.) oder (δ.) an Stelle der gegebenen Bedingungsgleichung substituirt gedacht werden — *die Entfernung der beiden Puncte nicht genau gleich* l *bleiben kann, sondern,* wie gross die Intensität jener Kräfte auch gedacht werden mag, *jederzeit kleine Abweichungen von* l *darbieten wird.*

Nehmen wir z. B. an, auf einer gegebenen geraden Linie befände sich ein absolut unbewegliches, nach dem Newton'schen Gesetz anziehendes Centrum, auf derselben Linie weiter rechts befinde sich der Punct m_1, und auf derselben Linie noch weiter rechts der Punct m_2. Der gegenseitige Abstand der beiden Puncte mag zu Anfang genau $= l$ sein; und ihre anfänglichen Geschwindigkeiten mögen *Null* sein. — Lassen wir nun die beiden Puncte in Bewegung gerathen durch den Einfluss

des anziehenden Centrums, so wird die eintretende Bewegung, jenachdem wir als Stellvertreter der Gleichung (α.) die Kräfte (γ.) *oder* die Kräfte (δ.) nehmen, *sehr verschieden* ausfallen, und zwar deswegen, weil m_1 von jenem Centrum stärker angezogen wird als m_2, folglich die Entfernung r nicht *gleich* l bleiben kann, sondern ein *wenig grösser als* l werden muss. Denn in Folge dieser Vergrösserung von r werden die Kräfte P_1 und P_2 Werthe annehmen, welche von Null verschieden sind, und welche zu einander sich wie 1 : 1, oder wie 5 : 8 verhalten, jenachdem für dieselben die Ausdrücke (γ.), oder die Ausdrücke (δ.) acceptirt werden. U. s. w.

Auf Grund dieser Ueberlegung würde es vielleicht angemessen erscheinen, *als wirklich äquivalent mit der gegebenen Bedingungsgleichung* nur die Kräfte (γ.) zu bezeichnen, nicht aber die Kräfte (δ.). Doch dürfte es schwierig sein, solche Unterscheidungen in *allgemeiner* Weise durchzuführen, und *allgemein* zu definiren, wie diejenigen Kräfte beschaffen sein müssen, welche mit einer gegebenen Bedingungsgleichung *wirklich äquivalent* sind. Denn diese zu definirenden Kräfte müssten, wie aus dem betrachteten Beispiele erhellt, nicht nur einer jeden Verletzung der Bedingungsgleichung mit grösster Gewalt sich entgegensetzen, sondern ausserdem auch gewissen Anforderungen entsprechen in Bezug auf die *Art und Weise*, in welcher sie, nachdem eine solche Verletzung eingetreten ist, dieselbe zu beseitigen suchen.

Demgemäss werden wir das allgemeine aus der Betrachtung unseres Beispieles sich ergebende Resultat — statt durch (19), und vielleicht besser als durch (19) — auch in folgender Weise aussprechen können: *Sollen die bei einem mechanischen Problem gegebenen Bedingungsgleichungen als hervorgegangen betrachtet werden aus der Wirkung irgend welcher Kräfte, die mit den Bedingungsgleichungen äquivalent, sonst aber nicht näher bekannt sind, so wird das Problem ein völlig bestimmtes erst dann sein, wenn für jene Aequivalenz eine genaue und allgemein gültige Definition angegeben werden kann.* Eine solche Definition aber scheint sich nicht von selber darzubieten, und würde wohl nur in künstlicher Weise, durch Herbeiziehung irgend welcher *willkührlicher* Festsetzungen, möglich sein.

§ 3. Ueber diejenigen mechanischen Probleme, in denen angenommen werden darf, dass hinter jeder der gegebenen Bedingungsgleichungen Kräfte verborgen sind, welche ein Potential besitzen.

Wenn uns bei Betrachtung einer bestimmten Naturerscheinung ein mechanisches Problem entgegentritt, begleitet von einer sogenannten Bedingungsgleichung, so werden wir diese Bedingungsgleichung in den meisten Fällen zurückführen können auf die Wirkung gewisser Kräfte, welche bei jener Naturerscheinung betheiligt sind. Wir wollen uns, in der hier anzustellenden Untersuchung, auf solche Fälle beschränken, in denen — auf Grund der über diese Kräfte vorhandenen, wenn vielleicht auch sehr mangelhaften Kenntniss — vorausgesetzt werden kann, dass diese Kräfte ein *Potential* besitzen. Demgemäss stellen wir uns *folgendes Problem.*

Ein System von n materiellen Puncten m_i mit den Coordinaten x_i, y_i, z_i wird sollicitirt von gegebenen Kräften X_i, Y_i, Z_i, ist aber in seiner Beweglichkeit beschränkt durch eine gegebene Bedingungsgleichung $\varphi = 0$. Dabei sind unter den X_i, Y_i, Z_i, und ebenso auch unter φ, gegebene Functionen der Coordinaten und der Zeit zu verstehen.)*

Ausserdem ist von Hause aus bekannt, dass die gegebene Bedingungsgleichung $\varphi = 0$ nur als ein Symbol für das Vorhandensein gewisser auf die Puncte m_i einwirkender Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i aufzufassen ist; und ferner bekannt, dass diese Kräfte, obwohl im Uebrigen nicht näher angebbar, ein Potential besitzen, also darstellbar sind in folgender Form:

$$(20)\qquad \Xi_i = -\frac{\partial \Pi}{\partial x_i}, \quad H_i = -\frac{\partial \Pi}{\partial y_i}, \quad Z_i = -\frac{\partial \Pi}{\partial z_i},$$

*) Absichtlich ziehen wir den Fall, dass die Bedingungsgleichung $\varphi = 0$ nicht nur die Coordinaten, sondern auch die *Zeit* enthält, hier mit in Betracht; weil derartige Fälle namentlich für die sogenannten *Probleme der relativen Bewegung* (z. B. für die Theorie des *Foucault*'schen Pendels) von grosser Wichtigkeit sind.

wo Π eine unbekannte Function der Coordinaten und der Zeit ist.

Es soll die Bewegung ermittelt werden, welche die materiellen Puncte m_i unter so bewandten Umständen annehmen werden.

Zu ermitteln ist also diejenige Bewegung, welche die *als völlig frei beweglich* zu denkenden Puncte m_i annehmen werden unter dem Einfluss der *beiderlei* Kräfte X_i, Y_i, Z_i *und* Ξ_i, H_i, Z_i. Die Differentialgleichungen für diese Bewegung sind offenbar:

$$(21)\qquad \begin{aligned} m_i\frac{d^2x_i}{dt^2} &= X_i + \Xi_i = X_i - \frac{\partial\Pi}{\partial x_i}\,, \\ m_i\frac{d^2y_i}{dt^2} &= Y_i + \mathrm{H}_i = Y_i - \frac{\partial\Pi}{\partial y_i}\,, \\ m_i\frac{d^2z_i}{dt^2} &= Z_i + \mathrm{Z}_i = Z_i - \frac{\partial\Pi}{\partial z_i}\,. \end{aligned}$$

Somit handelt es sich lediglich um die Ermittelung der Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i oder ihres Potentiales Π, d. i. um die Bestimmung dieser Grössen als Functionen der Coordinaten und der Zeit.

Die Gleichung $\varphi = 0$ ist mit der *Zeit* behaftet. Folglich existirt kein mit der Gleichung $\varphi = 0$ verträglicher *Ruhe*zustand der Puncte m_i. Vielmehr werden die Puncte m_i, falls sie in irgend einem Augenblick Geschwindigkeiten besitzen sollten, die sämmtlich Null sind, *durch* jene Gleichung (d. i. durch die hinter jener Gleichung verborgenen Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i) zur Bewegung angetrieben werden. Hingegen existiren unendlich viele mit der Gleichung $\varphi = 0$ verträgliche *Bewegungs*arten der Puncte m_i, also Bewegungsarten, auf welche die Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i nicht den mindesten (sei es hemmenden, sei es fördernden) Einfluss haben.

Somit werden die Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i — und zwar einzeln — gleich Null sein, falls wir uns die Puncte m_i begriffen denken in irgend welcher Bewegung, die mit der Gleichung $\varphi = 0$ in Einklang steht.

Verstehen wir nun unter

$$(22)\qquad t',\ x'_i,\ y'_i,\ z'_i$$

ein beliebig gegebenes, der Gleichung $\varphi = 0$ entsprechendes Werthsystem der $(3n + 1)$ Variablen (d. i. der Coordinaten und der Zeit), so wird immer eine mit der Gleichung $\varphi = 0$ in Ein-

klang stehende Bewegung denkbar sein, bei welcher die Puncte m_i in dem gegebenen Zeitaugenblick t' durch die gegebenen Orte x'_i, y'_i, z'_i gehen. Während einer solchen Bewegung werden aber (wie soeben bemerkt war) die Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i fortdauernd — und einzeln — gleich Null sein. Folglich werden sie auch Null sein für das Werthsystem (22), d. i. Null sein für jedes *beliebige* mit der Gleichung $\varphi = 0$ verträgliche Werthsystem der $(3n + 1)$ Variablen.

Wir betrachten irgend *zwei* solche Werthsysteme, bei denen indessen die Zeit *dieselbe*, etwa $= \vartheta$ sein mag; und bezeichnen diese beiden Systeme, das eine mit

$$(23.a) \qquad \vartheta, \quad x_i^a, \quad y_i^a, \quad z_i^a,$$

das andere mit

$$(23.b) \qquad \vartheta, \quad x_i^b, \quad y_i^b, \quad z_i^b.$$

Zwischen diesen beiden Systemen stellen wir eine stetige Verbindung her durch Einschaltung unendlich vieler intermediärer Werthsysteme, welche ebenfalls mit $\varphi = 0$ in Einklang sein sollen, und in denen wiederum die Zeit $= \vartheta$ sein mag. Die in solcher Weise gebildeten Werthsysteme mögen in ihrer Gesammtheit angedeutet sein durch:

$$(24) \qquad \begin{array}{llll} \vartheta, & x_i^a, & y_i^a, & z_i^a, \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \vartheta, & x_i, & y_i, & z_i, \\ \vartheta, & x_i+dx_i, & y_i+dy_i, & z_i+dz_i, \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \vartheta, & x_i^b, & y_i^b, & z_i^b. \end{array}$$

Sie repräsentiren unendlich viele und stetig auf einander folgende Anordnungen der Puncte m_i, von denen jede, was den gegebenen Zeitaugenblick ϑ anbelangt, verträglich ist mit der Gleichung $\varphi = 0$.

Für jedes der Werthsysteme (24) werden die Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i, (wie vorhin gezeigt wurde) *Null sein*. Denken wir uns also die Ausdrücke Ξ_i, H_i, Z_i gebildet mit Bezug auf das in (24) angeführte intermediäre Werthsystem ϑ, x_i, y_i, z_i, und verstehen wir gleichzeitig unter dx_i, dy_i, dz_i die Unterschiede,

welche dieses System zeigt in Bezug auf das nächstfolgende intermediäre System, so wird die Gleichung stattfinden:

$$\sum_{i=1}^{i=n} (\Xi_i dx_i + \mathrm{H}_i dy_i + \mathrm{Z}_i dz_i) = 0 ,$$

und zwar *deswegen* stattfinden, weil die Factoren der Grössen dx_i, dy_i, dz_i einzeln gleich Null sind. Hieraus ergiebt sich durch Integration über *sämmtliche* Werthsysteme (24) eine Formel, welche angedeutet werden mag durch

$$\int_a^b \sum_{i=1}^{i=n} (\Xi_i dx_i + \mathrm{H}_i dy_i + \mathrm{Z}_i dz_i) = 0 ,$$

und welche durch Anwendung der Relationen (20) sofort die Gestalt annimmt:

(25) $$\Pi^a - \Pi^b = 0 ,$$

vorausgesetzt, dass man unter Π^a und Π^b diejenigen beiden Werthe versteht, welche das Potential Π besitzt für die Werthsysteme (23.a) und (23.b).

Diese Formel (25) zeigt, dass der durch $\varphi = 0$ für die *gegebene Zeit* ϑ vorgeschriebene Spielraum der Coordinaten ein *Gebiet constanten Potentiales*, nämlich ein Gebiet ist, für welches die Gleichung stattfindet $\Pi = \alpha$, oder $\Pi - \alpha = 0$, wo α eine Constante bedeutet. Bei gehöriger Bestimmung der Constanten α, wird also die Relation $\varphi = 0$ von selber nach sich ziehen die Relation $\Pi - \alpha = 0$, vorausgesetzt, dass beide Relationen gebildet sind mit Bezug auf die gegebene Zeit ϑ.

Nehmen wir statt der Zeit ϑ eine andere *gegebene* Zeit ϑ_1, so werden wir offenbar zu einem analogen Resultat gelangen, nämlich finden, dass, bei geeigneter Bestimmung einer gewissen andern Constante α_1, die Relation $\varphi = 0$ mit Nothwendigkeit nach sich zieht die Relation $\Pi - \alpha_1 = 0$, vorausgesetzt, dass beide Relationen bezogen gedacht werden auf die Zeit ϑ_1. — U. s. w.

Somit ergiebt sich, dass die Relation $\varphi = 0$, ganz *allgemein* betrachtet, nämlich mit Bezug auf jede *beliebige* Zeit t, eine Formel nach sich zieht von der Gestalt: $\Pi - \alpha(t) = 0$, wo $\alpha(t)$ eine gewisse Function darstellt, die lediglich von der Zeit abhängt, nämlich unabhängig ist von den Coordinaten. —

klang stehend[illegible]
m_i in dem g[illegible]
Orte x'_i, y'[illegible]
werden al[illegible]
fortdauern [illegible]
den sie a[illegible]
sein für [illegible]
Werths[illegible]
W[illegible]
nen i[illegible]
zeichn[illegible]

(23.) [illegible]

das [illegible]

(2[illegible]) [illegible]

Zw[illegible]
bin[illegible]
We[illegible]
solle[illegible]
solch[illegible]
samm[illegible]

(24) [illegible]

Sie repräsenti[illegible]
gende Anord[illegible]
gegebenen[illegible]
Gleic[illegible]

[illegible] der Wert[illegible]

H[illegible] hin gez[illegible]
[illegible]räcke Ξ_i[illegible]
[illegible] interm[illegible]
gleichze[illegible]

$$(27)\qquad \begin{cases} m_i \dfrac{d^2x_i}{dt^2} = X_i - \dfrac{\partial\Pi}{\partial x_i}, \\ m_i \dfrac{d^2y_i}{dt^2} = Y_i - \dfrac{\partial\Pi}{\partial y_i}, \\ m_i \dfrac{d^2z_i}{dt^2} = Z_i - \dfrac{\partial\Pi}{\partial z_i}, \end{cases}$$

$$(28)\qquad \varphi = \varepsilon.$$

Allerdings scheint hieraus wenig Vortheil zu erwachsen. [illegible] einerseits ist Π eine *unbekannte* Function der Coordinaten [illegible] der Zeit; und andrerseits ist ε ebenfalls eine unbekannte Function, welche im Verlauf der zu untersuchenden Bewegung von Augenblick zu Augenblick sich ändert, wenn auch allerdings bekannt ist, dass sie beständig *äusserst klein* bleibt.

Wir wollen nun aber bei Behandlung dieser Gleichungen (27), (28) ein *approximatives* Verfahren eintreten lassen, bestehend, dass wir die Grösse ε vernachlässigen. Die Gleichungen (27) bleiben dabei ungeändert, während die Gleichung (28) übergeht in $\varphi = 0$, also übergeht in eine Relation, welche ihrerseits [wie uns bekannt, (26)] mit Nothwendigkeit [illegible] nach sich zieht die Relation $\Pi = 0$. *Zur approximativen Lösung des gestellten Problemes ergeben sich somit folgende Gleichungen:*

$$(29)\qquad \begin{cases} m_i \dfrac{d^2x_i}{dt^2} = X_i - \dfrac{\partial\Pi}{\partial x_i}, \\ m_i \dfrac{d^2y_i}{dt^2} = Y_i - \dfrac{\partial\Pi}{\partial y_i}, \\ m_i \dfrac{d^2z_i}{dt^2} = Z_i - \dfrac{\partial\Pi}{\partial z_i}, \end{cases}$$

$$(30)\qquad \varphi = 0,$$

$$(31)\qquad \Pi = 0.$$

Es seien δx_i, δy_i, δz_i irgend welche [illegible] ten, die, bei constant erhaltenem t, [illegible] $\varphi = 0$, folglich auch [illegible] es seien δx_i, δy_i, δz_i [illegible] Gleichung entsprechen:

$$[illegible] \; \delta x_i + \frac{\partial\varphi}{\partial y_i}\delta y_i + \frac{\partial\varphi}{\partial z_i}\delta z_i\Big) = 0$$

Wir können nun aber ebensogut $\Pi - \alpha(t)$, wie Π selber, als das Potential der unbekannten Kräfte (20) ansehen: weil bei Bildung der Ableitungen nach x_i, y_i, z_i der Term $\alpha(t)$ fortfallen wird. *In der That wollen wir hinfort als Potential jener unbekannten Kräfte* Ξ_i, H_i, Z_i *auffassen den Ausdruck* $\Pi - \alpha(t)$, *und demgemäss diesen Ausdruck kurzweg bezeichnen mit* Π. *Solches festgesetzt, wird also von den beiden Relationen*

$$(26) \qquad \varphi = 0 \qquad \textit{und} \qquad \Pi = 0 .$$

die letztere zu bezeichnen sein als eine nothwendige Folge der ersteren.

Nach diesen Vorbereitungen wollen wir nun die eigentliche Aufgabe näher in Betracht ziehen. Hinter der gegebenen Bedingungsgleichung $\varphi = 0$ sind gewisse unbekannte Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i verborgen. Offenbar sind diese Kräfte von solcher Beschaffenheit zu denken, dass die Puncte m_i — gleichgültig ob die gegebenen Kräfte X_i, Y_i, Z_i einwirken oder nicht einwirken, gleichgültig ob über den Anfangszustand der Puncte diese oder jene Voraussetzung gemacht wird — jederzeit eine Bewegung annehmen, welche den durch die Gleichung $\varphi = 0$ ausgesprochenen Charakter besitzt. Wie gewaltig die Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i aber auch sein mögen, niemals werden sie dafür sorgen können, dass jene Bewegung den durch die Gleichung $\varphi = 0$ ausgesprochenen Charakter in *absoluter Strenge* besitzt.

Demgemäss wird also durch die Gleichung $\varphi = 0$ nicht der *wirkliche* Charakter der eintretenden Bewegung, sondern ein *idealer* Charakter ausgesprochen sein, von welchem der *wirkliche* Charakter sich unterscheidet durch allerhand Abweichungen, die je nach Beschaffenheit der gegebenen Kräfte X_i, Y_i, Z_i und je nach Beschaffenheit des Anfangszustandes sehr verschieden sein können, jedenfalls aber immer *äusserst klein* sind. Während der zu untersuchenden Bewegung wird daher, strenge genommen, nicht die Gleichung $\varphi = 0$, sondern die Gleichung $\varphi = \varepsilon$ stattfinden, wo ε eine Grösse repräsentirt, deren Werth von Augenblick zu Augenblick sich ändert, aber beständig *äusserst klein* bleibt. *Strenge genommen haben wir somit für die zu untersuchende Bewegung folgende Gleichungen:*

$$(27)\qquad \begin{cases} m_i \dfrac{d^2x_i}{dt^2} = X_i - \dfrac{\partial \Pi}{\partial x_i}\,, \\ m_i \dfrac{d^2y_i}{dt^2} = Y_i - \dfrac{\partial \Pi}{\partial y_i}\,, \\ m_i \dfrac{d^2z_i}{dt^2} = Z_i - \dfrac{\partial \Pi}{\partial z_i}\,, \end{cases}$$

$$(28)\qquad \varphi = \varepsilon.$$

Allerdings scheint hieraus wenig Vortheil zu erwachsen. Denn einerseits ist Π eine *unbekannte* Function der Coordinaten und der Zeit; und andrerseits ist ε ebenfalls eine *unbekannte* Grösse, welche im Verlauf der zu untersuchenden Bewegung von Augenblick zu Augenblick sich ändert, wenn auch allerdings bekannt ist, dass sie beständig *äusserst klein* bleibt.

Wir wollen nun aber bei Behandlung dieser Gleichungen (27), (28) ein *approximatives* Verfahren eintreten lassen, darin bestehend, dass wir die Grösse ε *vernachlässigen*. Die Gleichungen (27) bleiben dabei ungeändert, während die Gleichung (28) übergeht in $\varphi = 0$, also übergeht in eine Relation, welche ihrerseits [wie uns bekannt, (26)] mit Nothwendigkeit nach sich zieht die Relation $\Pi = 0$. *Zur approximativen Lösung des gestellten Problemes ergeben sich somit folgende Gleichungen:*

$$(29)\qquad \begin{cases} m_i \dfrac{d^2x_i}{dt^2} = X_i - \dfrac{\partial \Pi}{\partial x_i}\,, \\ m_i \dfrac{d^2y_i}{dt^2} = Y_i - \dfrac{\partial \Pi}{\partial y_i}\,, \\ m_i \dfrac{d^2z_i}{dt^2} = Z_i - \dfrac{\partial \Pi}{\partial z_i}\,, \end{cases}$$

$$(30)\qquad \varphi = 0,$$

$$(31)\qquad \Pi = 0.$$

Es seien δx_i, δy_i, δz_i irgend welche Zuwüchse der Coordinaten, die, bei constant erhaltenem t, in Einklang sich befinden mit der Relation $\varphi = 0$, folglich auch mit der Relation $\Pi = 0$; mit andern Worten, es seien δx_i, δy_i, δz_i irgend welche Zuwüchse, die der Gleichung entsprechen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \left\{\frac{\partial \varphi}{\partial x_i}\,\delta x_i + \frac{\partial \varphi}{\partial y_i}\,\delta y_i + \frac{\partial \varphi}{\partial z_i}\,\delta z_i\right\} = 0\,,$$

und die daher nothwendiger Weise auch folgender Gleichung entsprechen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \left\{ \frac{\partial \Pi}{\partial x_i} \delta x_i + \frac{\partial \Pi}{\partial y_i} \delta y_i + \frac{\partial \Pi}{\partial z_i} \delta z_i \right\} = 0 .$$

Substituiren wir in diese letztere Gleichung für $\frac{\partial \Pi}{\partial x_i}, \frac{\partial \Pi}{\partial y_i}, \frac{\partial \Pi}{\partial z_i}$ die durch (29) sich darbietenden Werthe, so erhalten wir:

$$(32) \quad \sum_{i=1}^{i=n} \left\{ \left(X_i - m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2}\right) \delta x_i + \left(Y_i - m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2}\right) \delta y_i + \left(Z_i - m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2}\right) \delta z_i \right\} = 0 .$$

Diese Formel (32) aber repräsentirt den *Satz der virtuellen Verrückungen*; denn sie bezieht sich auf jedes *beliebige* Werthsystem δx_i, δy_i, δz_i, welches, bei constant erhaltenem t, in Einklang steht mit der Gleichung $\varphi = 0$. Aus der Formel (32) ergeben sich nun sofort in bekannter Weise die $(3n + 1)$ Gleichungen:

$$(33) \quad \begin{cases} m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = X_i - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} , \\ m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2} = Y_i - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial y_i} , \\ m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} = Z_i - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial z_i} , \end{cases}$$

$$(34) \quad \varphi = 0 ,$$

welche ausreichend sind, um die $3n$ Coordinaten und eine neu eingeführte Unbekannte λ als Functionen der Zeit zu bestimmen. Demgemäss werden wir den durch die Formel (32) ausgesprochenen *Satz der virtuellen Verrückungen* aufzufassen haben als eine Vorschrift zur *approximativen* Behandlung des gestellten Problems; wobei aber nicht unterlassen werden darf zu bemerken, dass eine *strenge* Behandlung des Problems ein Ding der Unmöglichkeit sein wird, solange die Kenntniss der Kräfte Ξ_i, H_i, Z_i eine so mangelhafte ist, wie hier vorausgesetzt wurde. [Vrgl. die bei (20) angegebene Formulirung des hier vorliegenden Problemes.]

Offenbar wird eine ähnliche Betrachtung, wie die eben durchgeführte, auch dann eintreten können, wenn statt *einer* Bedingungsgleichung *beliebig viele* solche Gleichungen vorhanden sein sollten. Wir gelangen somit zu folgendem Resultat:

Treten bei einem mechanischen Problem irgend welche Bedingungsgleichungen auf, die entweder nur die Coordinaten enthalten, oder ausserdem auch noch mit der Zeit behaftet sind, und können diese Gleichungen — zufolge der physikalischen Bedeutung des Problemes — aufgefasst werden als ein Symbol für nicht näher bekannte Kräfte, von denen indessen vorausgesetzt werden darf, dass sie ein Potential besitzen; so wird der Satz der virtuellen Verrückungen in Gültigkeit sein, nämlich zu bezeichnen sein als eine unmittelbare Consequenz des Fundamentalsatzes (1). (35)

Denn wenn auch, bei so mangelhafter Kenntniss der hinter den gegebenen Bedingungsgleichungen verborgenen Kräfte, von einer völlig strengen Behandlung des vorgelegten Problemes Abstand zu nehmen ist, so wird doch durch jenen Satz der virtuellen Verrückungen die Vorschrift ausgesprochen für diejenige approximative Behandlung des Problemes, welche, unter so bewandten Umständen und bei Anwendung des Fundamentalsatzes (1), *von selber sich darbietet.*

Wie wenig von einer *absolut strengen* Behandlung derartiger Probleme die Rede sein kann, zeigt sich deutlich, wenn wir etwa die Bewegung eines von der Schwerkraft sollicitirten *Pendels*, oder überhaupt die Bewegung eines *starren Körpers*, auf den gegebene Kräfte einwirken, näher ins Auge fassen. Um eine solche Bewegung mit voller Genauigkeit zu untersuchen, müssten wir nothwendig zurückgehen auf diejenigen Molecularkräfte, welche hinter der *sogenannten Starrheit* des Körpers verborgen sind, in unsere Untersuchung also nothwendig mithineinziehen jene kleinen Dilatationen und Contractionen, welche während der Bewegung des Körpers in seinem Innern stattfinden, und welche im Verlaufe dieser Bewegung von Augenblick zu Augenblick sich ändern. Vernachlässigen wir diese inneren Vorgänge, so *verzichten* wir zugleich auf die wirklich *strenge* Behandlung des Problemes.

Ob der Satz der virtuellen Verrückungen die *zweckmässigste* Näherungsmethode darbietet, und wie gross bei dieser Methode der *Grad* der Annäherung sei, — über diese Fragen dürfte wohl kaum Näheres zu ermitteln sein, solange unsere Kenntniss über die hinter den Bedingungsgleichungen verborgenen Kräfte auf der vorausgesetzten niedrigen Stufe verharrt.

Jedenfalls aber wird zu sagen sein, dass jene durch den Satz der virtuellen Verrückungen ausgesprochene Näherungsmethode auf Grund unserer Deductionen *berechtigt* erscheint, dass sie gleichzeitig diejenige ist, welche *am Einfachsten sich darbietet*, und dass sie endlich auch diejenige ist, welche seit langer Zeit *conventionell* geworden ist.

§ 4. Ueber die Incompressibilität der Flüssigkeiten.

In Bezug auf diese Eigenschaft der Incompressibilität sind verschiedene Auffassungen denkbar.

I. Man kann dieselbe möglicher Weise (?) sich entstanden denken durch gewöhnliche binäre Kräfte, d. i. durch Kräfte, die zwischen je *zwei* Theilchen wirken, und nur von der Entfernung abhängen. Diese Kräfte werden alsdann ein *Potential* besitzen.

II. Möglich aber ist es, dass solche binären Kräfte zur Erklärung jener Eigenschaft sich als nicht ausreichend erweisen, und dass man genöthigt ist, multiple, etwa quaternäre Kräfte hinzuzunehmen, d. i. Kräfte, die zwischen je *vier* Theilchen sich geltend machen, und ihrer Richtung und Stärke nach abhängig sind von dem durch die vier Theilchen gebildeten Tetraedervolumen. Auch diesen Kräften würde ein *Potential* zuzuschreiben sein; wenigstens würde die einfachste Vorstellung über dieselben darin bestehen, dass sie ein Potential besitzen, und dass dasselbe eine Function des genannten Tetraedervolumens ist.

III. Endlich würde wohl noch eine dritte Auffassung berechtigt sein, nämlich die, dass die Incompressibilität überhaupt nicht die Folge irgend welcher Kräfte, sondern eine *direct durch die Natur gegebene* (nicht weiter zu reducirende) Eigenschaft sei.

Schliessen wir uns der I. oder II. Vorstellung an, so werden wir die Anwendung des *Satzes der virtuellen Verrückungen* auf die Bewegung von Flüssigkeiten [wie aus (35) hervorgeht] aufzufassen haben als eine unmittelbare Consequenz unseres Fundamentalsatzes (1), übrigens aber als die Vorschrift zu einer nur approximativen Methode.

Acceptiren wir hingegen die III. Vorstellung, so wird jener Satz, in seiner Anwendung auf Flüssigkeiten anzusehen sein als

ein *neues Princip*, oder (besser vielleicht ausgedrückt) anzusehen sein als eine *Determination*, welche nothwendig hinzuzufügen ist, falls unsere Vorstellung über jene direct durch die Natur gegebene Eigenschaft der Incompressibilität keine unvollständige bleiben soll. Bei Zugrundelegung der III. Auffassungsweise würde also der Satz der virtuellen Verrückungen anzusehen sein als ein integrirender Bestandtheil der *Definition* der Incompressibilität; ebenso etwa wie der Satz über die Zusammensetzung der sogenannten Impulse nach der Regel des Parallelogramms anzusehen ist als ein integrirender Bestandtheil der *Definition* jener Impulse.

§ 5. Ueber die sogenannten Bedingungs-Ungleichungen.

In analoger Weise, wie bei Bedingungs-*Gleichungen,* wird man offenbar auch dann verfahren können, wenn Bedingungs-*Ungleichungen* gegeben sein sollten.

Ein Punct m oder x, y, z mag z. B. getrieben werden von den gegebenen Kräften X, Y, Z, zugleich aber gezwungen sein, beständig *ausserhalb* einer Kugelfläche zu bleiben, deren Mittelpunct im Anfangspunct des Coordinatensystemes liegt, und deren Radius $= l$ ist. Auch mag — zufolge der physikalischen Bedeutung des Problemes — die Voraussetzung zulässig sein, dass diese Bedingungs-Ungleichung

$$\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} < l \tag{36}$$

herrühre von der Einwirkung irgend welcher Kräfte Ξ, H, Z, welche ein *Potential* besitzen.

Bezeichnen wir das genannte Potential mit Π, so gelten für die Bewegung des Punctes die Differentialgleichungen:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = X - \frac{\partial\Pi}{\partial x}, \tag{37}$$

etc. etc.

Aus diesen Gleichungen folgt, wenn man mit δx, δy, δz multiplicirt, und addirt, sofort:

$$\left(X - m\frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x + \left(Y - m\frac{d^2y}{dt^2}\right)\delta y + \left(Z - m\frac{d^2z}{dt^2}\right)\delta z = \delta\Pi. \tag{38}$$

Offenbar kann das Potential Π ausserhalb der gegebenen Kugelfläche nicht überall constant sein; denn sonst würden die

Kräfte Ξ, H, Z ausserhalb der Kugelfläche überall null sein. Somit muss es möglich sein, ausserhalb der Kugelfläche zwei einander unendlich nahe Puncte a, b zu finden, in denen das Potential *verschiedene* Werthe hat. Diese Werthe mögen bezeichnet werden mit Π^a und Π^b; und zwar sei

$$\Pi^a > \Pi^b.$$

Nehmen wir an, die eintretende Bewegung des materiellen Punctes m wäre der Art, dass seine Bahn durch a geht, [solches kann immer erreicht werden durch passende Wahl des Anfangszustandes, denn es kann ja z. B. a selber als derjenige Ort festgesetzt werden, in welchem der Punct m sich zu Anfang befindet]. Für denjenigen Zeitaugenblick, in welchem m sich in a befindet, wird alsdann ab eine virtuelle Verrückung sein. Das dieser Verrückung entsprechende $\delta\Pi$ ist gleich $\Pi^b - \Pi^a$, folglich *negativ*.

Andererseits können wir uns aber die Bewegung des Punctes m [bei Wahl eines passenden *andern* Anfangszustandes] auch *der* Art denken, dass seine Bahn durch b geht. Alsdann ist ba eine virtuelle Verrückung, und das zugehörige $\delta\Pi$ gleich $\Pi^a - \Pi^b$, mithin *positiv*.

Im Laufe der zu untersuchenden Bewegung wird also der Ausdruck

$$\delta\Pi,$$

und in Folge dessen [vrgl. (38)] auch der Ausdruck

$$\left(X - m\frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x + \left(Y - m\frac{d^2y}{dt^2}\right)\delta y + \left(Z - m\frac{d^2z}{dt^2}\right)\delta z$$

sowohl negativ als positiv werden können, — ein Ergebniss, welches in *Widerspruch* steht mit den conventionellen Formeln [denen zufolge der genannte Ausdruck beständig negativ oder null sein sollte]. Doch dürfte es unfruchtbar sein, auf den Grund dieses Widerspruches näher einzugehen; es sei denn, dass ein bestimmt gegebenes physikalisches Phänomen sich darbiete, auf welches diese Betrachtungen Bezug haben sollen.

Uebrigens dürfte zu bemerken sein, dass der in Rede stehende *Widerspruch verschwindet*, sobald wir [wie solches bei *Gauss* geschieht; in seiner *theoria figurae fluidorum*], nicht den Fall der *Bewegung*, sondern nur den Fall des *Gleichgewichts* ins Auge fassen.



F. Zöllner, *Ueber eine neue Methode zur Messung anziehender und abstossender Kräfte.*

Die bisher angewandten Methoden zur Messung anziehender und abstossender Kräfte zerfallen im Wesentlichen in zwei Klassen; bei der ersten wirken die Kräfte auf Massen, welche, wie beim Pendel, den verschiedenen Electrometern und ähnlichen Apparaten eine horizontale Rotationsaxe, bei der zweiten auf Massen, welche, wie bei den verschiedenen Formen der Drehwage, eine verticale Rotationsaxe besitzen. Die Apparate der ersten Klasse sind einarmige, die der zweiten zweiarmige Hebel, weshalb die letzteren nur für nicht parallele Kräfte anwendbar sind. Die Apparate der ersten Klasse, welchen diese Beschränkung nicht anhaftet, sind jedoch durch das gegebene Directionsmoment der Schwere nur auf Kräfte anwendbar, deren Intensität im Allgemeinen von derselben Ordnung wie die der Schwere ist. Dagegen sind die Apparate der zweiten Klasse durch das beliebig zu vermindernde Directionsmoment auf sehr schwache jedoch nicht parallele Kräfte anwendbar.

Gäbe es eine Methode, welche die Vortheile beider Klassen vereinigte, so könnte dieselbe auch in der Astronomie eine grosse Bedeutung erlangen, indem wir durch sie in den Stand gesetzt wären, auch solche schwachen Kräfte in den Bereich unserer messenden Beobachtungen zu ziehen, welche beispielsweise durch die Verschiedenheit der Entfernungen der einzelnen Puncte der Oberfläche und des Schwerpunctes der Erde von Sonne und Mond oder durch die Unterschiede der Centrifugalkraft der Erde in verschieden weit von ihrer Oberfläche entfernten Puncten hervorgerufen werden.

Mais si la direction de la pesanteur vient à changer, il n'y aura plus que deux points de la circonférence où il y ait équilibre, l'un stable, l'autre instable. Ces deux points se trouvent dans l'intersection du plan de rotation avec le plan passant par les deux points d'attache et la nouvelle direction de la pesanteur.

Il résulte de là qu'une déviation très-faible dans la direction de la pesanteur se traduira par un déplacement circulaire du levier, qui peut s'élever à près de 180.

J'ai fait établir grossièrement un appareil d'après ces principes, et, bien que les fils n'aient que 20 centimètres de longeur, il m'a paru plus sensible qu'un excellent niveau à bulle d'air qui n'accuse qu'une déviation de 1″, par un déplacement de 3 millimètres«.

(Renvoi à l'examen d'une Commission composée de *M. M. Babinet, Delaunay.*)

Ausser dieser Notiz ist mir über die beschriebene Aufhängung des Horizontalpendels bis jetzt nichts bekannt geworden.

ÖFFENTLICHE GESAMMTSITZUNG
AM 12. DECEMBER 1869
ZUR FEIER DES GEBURTSTAGES SEINER MAJESTÄT DES KÖNIGS.

Dr. T. Lauder Brunton, *Ueber die Wirkung des salpetrigsauren Amyloxyds auf den Blutstrom.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede Prof. *C. Ludwig*.

Mit 6 Holzschnitten.

Auf das salpetrigsaure Amyloxyd hat *Guthrie* zuerst die Aufmerksamkeit der Aerzte und Physiologen gelenkt; bei einer chemischen Untersuchung dieses von *Balard* entdeckten Stoffes bemerkte er, dass sich nach Einathmung seiner Dämpfe das Gesicht lebhaft röthe, dass die Carotiden heftiger klopfen und dass der Herzschlag beschleunigt werde. Einige Jahre nachher behauptete *Richardson*, dass das salpetrigsaure Amyloxyd die Nerven von der Peripherie nach dem Centrum hin lähme, die Contractilität der Muskeln vermindere und Erweiterungen der Blutcapillaren in der Schwimmhaut des Froschfusses herbeiführe. Diese Mittheilung gab Professor *Arthur Gamgee* Veranlassung neue Versuche zu unternehmen. Aus seinen noch nicht veröffentlichten Beobachtungen war der eben genannte Gelehrte so freundlich mir das Folgende mitzutheilen: Ein Einfluss auf die Lebenseigenschaften der motorischen und sensiblen Nerven ist nicht zu finden, ebenso wenig gelang es, eine Erweiterung der Gefässe in der Schwimmhaut zu sehen. Athmet der Mensch die Dämpfe der Verbindung ein, so röthet sich das

Gesicht, und die Pulscurve der *art. radialis*, welche der Sphygmograph aufzeichnet, nimmt eine eigenthümliche Form an; die bedeutendste Abweichung von der normalen Gestalt bietet der absteigende Curvenschenkel, insofern er statt des allmäligen einen sehr plötzlichen Abfall zeigt. Wird in die Carotis des Kaninchens ein Manometer eingesetzt und werden darauf die Dämpfe des salpetrigsauren Amyloxyds durch die Nase eingeführt, so mindert sich die Häufigkeit des Herzschlags und der mittlere Blutdruck nimmt ab.

Auf Grund dieser Beobachtungen habe ich selbst das salpetrigsaure Amyloxyd zuerst mit Erfolg bei Kranken angewendet, die an gewissen Formen von *Angina pectoris* litten.[1]) Hierdurch für das neue Arzneimittel interessirt, ergriff ich während meines Aufenthalts in Leipzig die Gelegenheit um in dem physiologischen Institute dieser Stadt einige Versuche darüber anzustellen, wie die Erscheinungen zu erklären seien, die man mittelst desselben im Blutstrom erzeugt hatte.

Als Versuchsthiere dienten Kaninchen. Im Anschluss an den bisherigen Gebrauch verleibte ich ihnen die Dämpfe des Amylpräparates ein, welche durch die künstliche Respiration in die Lungen geblasen wurden. Zu dem Ende schaltete ich in das Verbindungsrohr zwischen dem Blasebalg und der Trachea eine Nebenschliessung ein; mit andern Worten der an der Trachea und dem Blasebalg einfache Luftkanal war auf einem beschränkten Abschnitt in zwei Zweige zerlegt. In jedem der beiden Zweige sass ein Hahn, durch welchen die Lichtungen eines jeden Rohrenschenkels nach Belieben verschlossen werden konnten. Das Hauptrohr ging unmittelbar aus dem Blasebalg in die Luftröhre, in dem Nebenzweig war dagegen eine kleine Spritzflasche eingesetzt, deren Boden mit salpetrigsaurem Amyloxyd bedeckt war. Je nach der Stellung der Hähne konnte man also der Lunge die atmosphärische Luft rein oder im Gemenge mit den Dämpfen der Amylverbindung zuführen. Die eben geschilderte Einrichtung zog ich der unmittelbaren Anwendung der Dämpfe auf die Nase darum vor, weil es mir darauf ankam, die Wirkung derselben auf den Herzschlag festzustellen. Das Herz des Kaninchens, beziehungsweise die betreffenden Vagusäste desselben sind bekanntlich ungemein empfindlich gegen jede

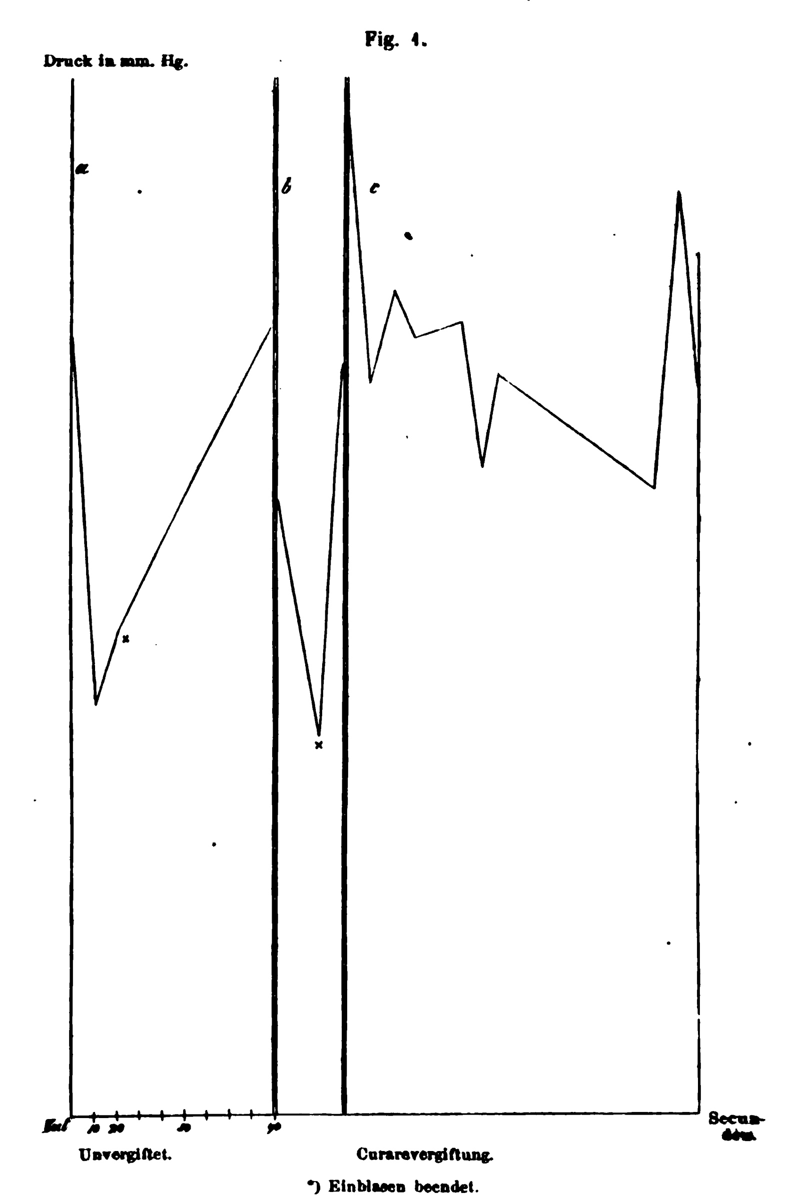
1) The Lancet for July 27 1867.

Aenderung in dem O-Gehalt des Arterienblutes; jede merkliche Abminderung des letztern hat sogleich eine Abnahme der Schlagzahl zur Folge. Nun ereignet es sich aber gewöhnlich, dass die Kaninchen die Athembewegungen einstellen, wenn so stark riechende Dämpfe wie die des salpetrigsauren Amyloxydes vor ihre Nase gehalten werden und dass sie erst mit der beginnenden Athemnoth die Bewegungen wieder ausführen. Damit aber ist auch schon eine Vagusreizung ganz unabhängig von den zugeführten Dämpfen eingeleitet. Zur Anwendung der künstlichen Respiration griff ich diesmal um so lieber, weil der Blasebalg, welcher mir hier zu Gebote stand, durch eine sehr regelmässig arbeitende Maschine getrieben ward, somit konnte ich sicher sein vor Störungen, welche durch ein ungleichförmiges Athmen eingeführt werden. — Das Manometer, mit welchem ich den Druck mass, wurde in die Carotis eingesetzt.

Mit diesen Hülfsmitteln sah ich zunächst, dass der Blutdruck, unmittelbar nachdem die Dämpfe des Amyloxyds eingeblasen waren, rasch absank, ohne dass sich die Zahl der Herzschläge merklich gemindert oder gemehrt hätte. Mit dem Absinken des Drucks stellten sich zugleich Krämpfe in allen Muskeln des Rumpfs und der Gliedmaassen ein, wodurch die von der Amylverbindung eingeleiteten Aenderungen des Blutstroms getrübt wurden. Denn mit dem Eintritt der Krämpfe hob sich der Blutdruck wieder und es wurden zugleich an der aufgeschriebenen Druckcurve die Herzschläge gar nicht oder ungenau zählbar. Um die Krämpfe und damit, wie ich glaubte, auch die Störungen zu vermeiden, welche sich dem reinen Hervortreten der Amylwirkung entgegensetzen, griff ich zur Vergiftung mit Curare. Hiernach schwanden allerdings die Krämpfe; aber es trat ein neues störendes Element ein, was, wie ich vermuthe, in dem Reizungszustande gelegen ist, in den die Gefässmuskeln durch das Curare verfallen.

Allerdings sank auch am curarisirten Thiere der Druck alsbald nachdem das Einblasen der flüchtigen Amylverbindung seinen Anfang genommen hatte, und der Druck erreichte seine ursprüngliche Höhe nicht wieder, während mit der Zuführung des Dampfes fortgefahren wurde: aber das Sinken war kein stetiges, sodass schliesslich der Druck dauernd auf einem bestimmten Minimalwerth angelangt wäre. Im Gegentheil die Quecksilbersäule hob sich und senkte sich und dieses zwar

Fig. 1.



*) Einblasen beendet.

etwa so, wie es *L. Traube* an der Druckcurve des curarisirten Thieres gesehn hat.[1])

Diese Schwankungen sind jedenfalls der Ausdruck zweier im entgegengesetzten Sinne wirksamer Einflüsse. Dieselben könnten gefunden werden einerseits in der Anwesenheit der unzersetzten Moleküle des salpetrigsauren Amyloxyds und anderseits in den aus dem letztern entstandenen Umsetzungsproducten, sodass Alles auf die dauernde Anwesenheit der Amylverbindung zu beziehen wäre, aber nach den vielfach bestätigten Erfahrungen von *L. Traube* konnte auch das Curare, also eine der Amylverbindung fremde Wirkung, für die Ursache der Druckvariation gehalten werden.

In Ermangelung einer andern unverfänglicheren Methode, durch welche auch am unvergifteten Thiere die Wirkung des während einer längern Zeit eingeflössten Amyldampfes sichtbar zu machen wäre, muss ich mich darauf beschränken, die Folgen seiner sehr vorübergehenden Einwirkung vorzulegen. Zu diesem Ende namentlich aber um den Umfang und den zeitlichen Ablauf der Druckerniedrigung zu versinnlichen theile ich die in Figur 1 dargestellten Curven mit, welche durch die ihnen beigegebene Erklärung verständlich sein werden. Beim Beginn jeder der drei hintereinander ausgeführten Beobachtungen *a*, *b*, *c* fängt das Einblasen an; schon 10 Secunden nach demselben ist der Blutdruck sehr tief herabgegangen. Traten Krämpfe ein, wie dieses in der Curve *a* und *b* der Fall ist, welche vor der Curarevergiftung von dem Thiere gewonnen wurden, so stieg der Druck wieder an, trotzdem dass das Einblasen noch fortgesetzt wurde. Wenn aber mit dem Einblasen 20 Secunden nach Beginn desselben aufgehört wurde, so stieg der Druck rasch wieder empor, sodass er in höchstens einer Minute seinen früheren Werth wieder erreicht hatte. Diese Erscheinungsreihe habe ich so oft bestätigt gefunden, als ich die Beobachtung anstellte. Sie weist darauf hin, dass schon minimale Mengen unsres Stoffes von der grössten Wirkung sind; und sie zeigt ausserdem, dass das in das Blut gekommene Gift sehr bald wieder unwirksam gemacht wird, entweder weil dasselbe innerhalb des Körpers zerstört wird oder weil es aus demselben verdunstet.

Die Erniedrigung des Blutdrucks kann nun herrühren ent-

---

1) *L. Traube*, Centralblatt für die med. Wissenschaften 1865. 881.

weder von einer Verminderung der Herzkräfte oder von einer solchen der Widerstände. Für die zweite dieser Unterstellungen spricht die beträchtliche Erweiterung der peripherischen Gefässbezirke, wie man sie nicht allein am Ohr des Kaninchens, sondern auch in auffallendster Weise an der menschlichen Gesichtshaut sieht, namentlich wenn ein Individuum mit sehr reizbarem, leicht erröthendem und erblassendem Gesicht einige mit dem Dampf geschwängerte Athemzüge ausführte. Immerhin erschien es mir noch nothwendig die Frage durch einen Versuch zu entscheiden, um so mehr, als ich dabei auch zu erfahren wünschte, ob die eintretende Gefässerweiterung abhängig sei von einer unmittelbaren Aenderung der Gefässwand oder von einer solchen, die herbeigeführt ist durch die Abschwächung des Tonus, den die Gefässnerven im verlängerten Marke empfangen.

Um verständlich zu machen wesshalb sich mir diese Fragestellung aufdrängte, will ich hier in der Kürze einige Resultate einer andern Versuchsreihe einschalten, die ich ebenfalls in Leipzig begonnen aber leider noch nicht vollendet habe.

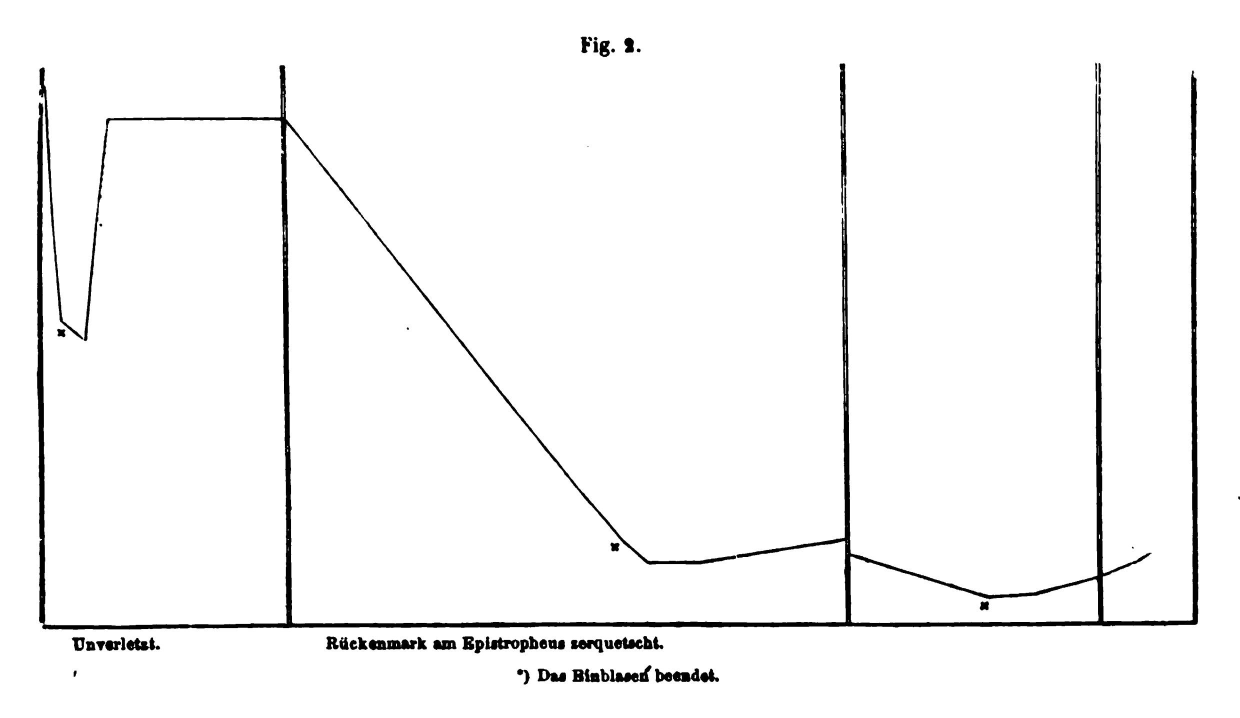
Durch die bemerkenswerthen Beobachtungen von *M. Schiff*, welche eine allseitige Bestätigung erfahren haben, ist es bekannt, dass der Durchmesser der Arterien des Kaninchenohres sehr häufig in Schwankungen begriffen ist. Ich habe nun gefunden, dass diese Erscheinung dem Ohr der Kaninchen keineswegs allein eigenthümlich ist, sondern dass man sie in gleich ausgesprochener Weise auch an allen andern freigelegten Arterienzweigen der Haut und des Bindegewebes beobachten kann. Diese Schwankungen des Durchmessers zeigen anderwärts grade so wie am Kaninchenohr grosse Unregelmässigkeiten, indem sie an demselben Ort bei dem einen Thiere deutlicher und häufiger auftreten als bei einem andern und als sie zu verschiedenen Zeiten bei demselben Thier fehlen und vorhanden sein können.

Diese Veränderungen des Arteriendurchmessers sind mindestens zum Theil vollkommen unabhängig von den Erregungen, welchen die Gefässnerven im Hirn ausgesetzt sind; denn sie bestehen an den Arterien des Ohrs und an denen der übrigen Körpertheile unverändert fort, wenn man auch sämmtliche Nerven, sympathische und cerebrospinale durchschnitten hat, die in dem zu beobachtenden Orte sich verbreiten, ja sie ver-

schwinden nicht nach der Durchschneidung des Halsmarkes trotz des sehr niedrigen Blutdruckes, der dann noch übrig bleibt. Die beschriebenen Bewegungen der grossen und kleinen Arterien treten, wie erwähnt, nicht bei jedem Thiere und nicht zu jeder Zeit gleich deutlich ein. Fehlen dieselben, so kann man sie in der Regel hervorrufen, entweder durch Vergiftung mit Curare oder durch Unterbrechung der Athmung. Sind dieselben einmal geweckt, so pflegen sie sich auch dann noch fortzuerhalten, wenn selbst nachträglich die Athmung auf das Sorgfältigste geregelt wird. Da durch die Untersuchungen von *L. Traube*, *Thiry* und *Kowalewsky* [1]) bekannt ist, dass in Folge der Curarevergiftung und der gestörten Athmung der Blutdruck in den Arterien erster Ordnung sehr grosse Variationen erfährt, so muss der Gedanke erwachen, es seien diese letztern Schuld an den Veränderungen der Durchmesser der kleinsten Arterien. Diese an und für sich annehmbare Erklärung erweist sich aber als unhaltbar wegen des Ganges, den die Verengerungen und Erweiterungen in den kleinen Arterien darbieten. Sehr häufig stellt sich nämlich plötzlich im Verlauf einer kleinen Arterie mitten zwischen zwei mit Blut erfüllten Stücken eine Einschnürung ein, sodass ein Verhalten zum Vorschein kommt, wie man es schon seit langer Zeit am ausgeschnittenen Dünndarm kennt. — In den Bezirken, deren Nerven sämmtlich durchschnitten sind, erhalten sich die Arterienwände auch noch in einer andern Beziehung dem ausgeschnittenen Darme ähnlich. Jede leiseste Berührung einer beschränkten Stelle ruft eine Bewegung hervor, die sich meist auf den getroffenen Ort beschränkt. Diese durch den unmittelbaren Einfluss erzeugte Veränderung besteht jedoch, so weit ich gesehen, nicht vorwiegend in einer Verengerung der Lichtung wie beim Darm, sondern vorzugsweise in einer Erweiterung derselben, welche sehr lange als eine partielle Ausbuchtung bestehen bleibt und die sich nur allmählig ausgleicht. Da schon *Gunning* und *Cohnheim* Aehnliches an der Schwimmhaut und der Zunge des Frosches beobachtet haben und da *Sadler* auch an den Gefässen der Skeletmuskeln der Hunde auf Thatsachen gestossen ist, die sich nur durch Eigenbewegung der Gefässwand erklären lassen, so scheint die selbstständige Veränderung dieser

1) Centralblatt für die med. Wissenschaft 1868. 579.

Fig. 2.


Unverletzt.
Rückenmark am Epistropheus zerquetscht.
*) Das Einblasen beendet.

letztern ein weit verbreitetes und darum wichtiges Ereigniss zu sein.

Wenn ich nun zu den Versuchen mit salpetrigsaurem Amyloxyd zurückkehre, so wird es einleuchten, warum ich den

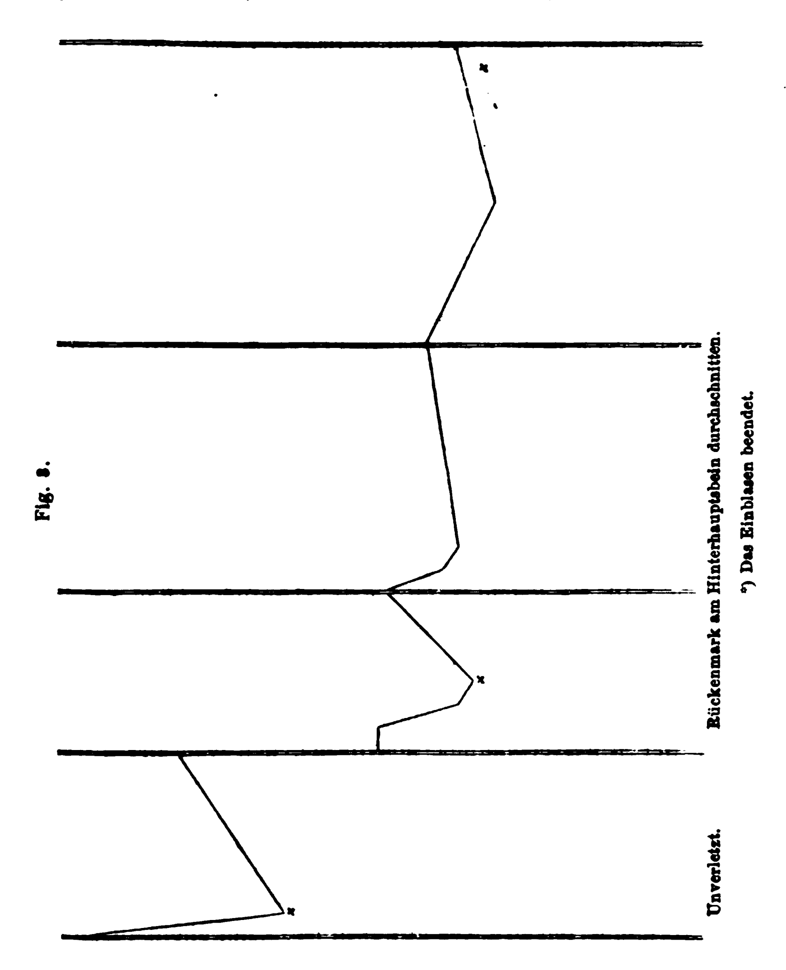


Fig. 8.

Dampf der genannten Verbindung auch solchen Thieren einblies, deren Rückenmark vorgängig durchschnitten worden war.

Meine Vermuthung, dass an den Thieren, die dieser Operation unterworfen worden waren, die Druckminderung in Folge

der Amylwirkung nicht ausbleiben werde, hat sich vollkommen bestätigt. Als Beispiele für den Befund mögen die in Fig. 2 und 3 wiedergegebenen Beobachtungen an zwei verschiedenen Kaninchen dienen.

Jedem der beiden Thiere wurden vor der Durchschneidung des Halsmarks die Dämpfe des salpetrigsauren Amyloxyds eingeblasen. In diesem Stadium des Versuchs trat das schon bekannte Resultat zu Tage. Nach der Durchschneidung des Halsmarks, welche unmittelbar unter dem Atlas geschah, sank bei dem Thier II der Druck ungewöhnlich tief herab; als er constant geworden war, bewirkte das Einblasen der Dämpfe ein neues Sinken des Blutdruckes, das also auf die Rechnung des salpetrigsauren Amyloxyds zu setzen war. Der Werth des Abfalls war nach absolutem Maasse gemessen allerdings ein geringer; nach relativem Maasse war dagegen die Aenderung noch eine sehr bedeutende. Die Erscheinungen des Sinkens eines schon an und für sich niedern Druckes sind hier denen analog, welche man zu sehen pflegt wenn der zweite *n. splanchnicus* noch durchschnitten wird, nachdem vorher schon der erste durchtrennt war.

Als das Einblasen ausgesetzt wurde erhob sich der Blutdruck nicht alsbald wieder auf seine frühere Höhe, sondern er sank vorerst noch tiefer um sich dann erst ganz allmählig zu erholen. Dieser Erfolg kann zwei Erklärungen finden. Aus andern Versuchen, die im hiesigen Laboratorium unternommen wurden, ist mir bekannt, dass die Geschwindigkeit des Blutstroms sehr stark heruntergeht, wenn das Halsmark durchschnitten ist. Da die Zuführung und die nachfolgende Entfernung der Amylverbindung in Abhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit des Blutes stehen muss, so wäre der langsame Ablauf der Druckschwankung vielleicht hieraus zu erläutern. Möglich ist aber noch ein anderer Grund. Bei dem vorliegenden Thiere sank nämlich die Pulszahl in der Zeiteinheit von 9 auf 4 herab. Dieses Herabgehn, welches wohl die Folge des sehr verminderten Druckes gewesen ist, kann ebenfalls an der langsamen Erholung Schuld sein. — Eine Wiederholung der Einathmung bei dem Thier ergab dasselbe Resultat.

Bei dem zweiten Kaninchen (Fig. 3) erniedrigte sich nach Durchschneidung des Halsmarks der Druck nicht so bedeutend als im vorhergehenden Fall. Auch bei ihm sehen wir durch

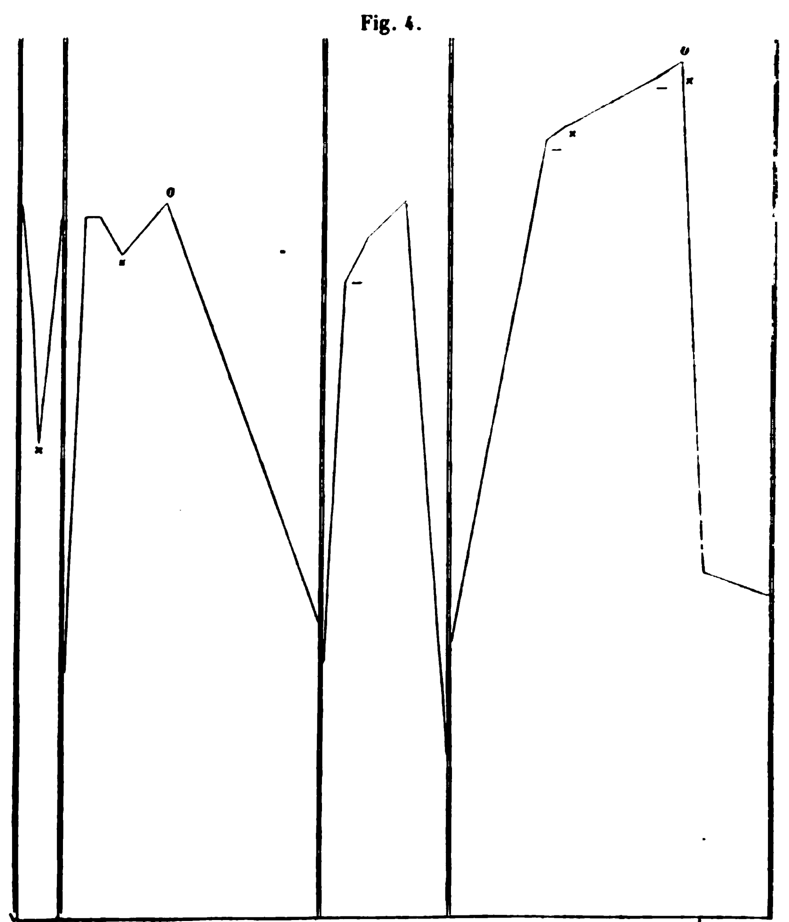
die Einathmung der Amylverbindung den Druck noch weiter heruntersteigen. Da das Thier wegen seines höhern Blutdrucks eine öftere Wiederholung des Versuchs vertrug, so benutzte ich die Gelegenheit, um statt der bis dahin geübten kurzdauernden Einverleibung eine längere 87 Secunden anhaltende stattfinden zu lassen. Während dieser langen Einblasung ging der Druck nicht tiefer herab als während der kürzern, ja gegen Ende des Einblasens erhob er sich sogar wiederum ein Kleines. Diese Thatsache ist mit Rücksicht auf die frühere Bemerkung das curarisirte Kaninchen betreffend nicht ohne Bedeutung. Dieses Thier (3) zeigte von dem vorhergehenden auch insofern ein abweichendes Verhalten, als sich die Pulszahl während und nach der Einblasung nicht änderte; trotzdem trat auch hier die Wiederherstellung des höhern Druckes sehr langsam ein und als die Lungen des Thiers den Amyldämpfen sehr anhaltend ausgesetzt gewesen waren erhob sich zwar der Druck nach Beendigung des Einathmens der Amyldämpfe, aber er kehrte nicht mehr zu seiner frühern Höhe zurück. Dieser Umstand muss es sehr wünschenswerth erscheinen lassen, eine Methode zu finden, die an dem unversehrten Thier eine längere Einwirkung des salpetrigsauren Amyloxyds erlaubt.

Nach diesen Versuchen, denen ich noch einige gleichbeschaffene zufügen könnte, wird es keinem Zweifel unterliegen, dass das salpetrigsaure Amyloxyd zu den Stoffen gehört, welche unmittelbar auf die Gefässwand lähmend wirken. Zweifelhaft bleibt es nur noch, ob die Nervenendigungen oder die Muskeln selbst ergriffen werden. Zudem werden weitere Versuche darüber anzustellen sein, ob die Gefässwand die einzige unter den aus glatten Muskeln hergestellten Häuten ist, welche der Vergiftung durch salpetrigsaures Amyloxyd zugänglich ist.

Um auch den letzten Einwand wegzuräumen, der gegen das soeben mitgetheilte Ergebniss erhoben werden könnte, habe ich mich um den directen Beweis dafür bemüht, dass die Erniedrigung des Blutdruckes in Folge des salpetrigsauren Amyloxyds unabhängig ist von einer Schwächung der Herzkräfte. Der Plan, nach welchem ich die hierauf zielenden Versuche ausführte, bestand darin, den Thieren die a. aorta unmittelbar unterhalb des Zwergfells zusammenzupressen und sie währenddess den Dämpfen der Amylverbindung auszusetzen. Wenn

das salpetrigsaure Amyloxyd eine schwächende Wirkung auf das Herz ausübt, so hätte nun der Druck, auf welchen sich das Blut nach der Verschliessung der Aorta erhoben hatte, alsbald wieder absinken müssen, nachdem mit dem Einblasen der ge-

Fig. 4.

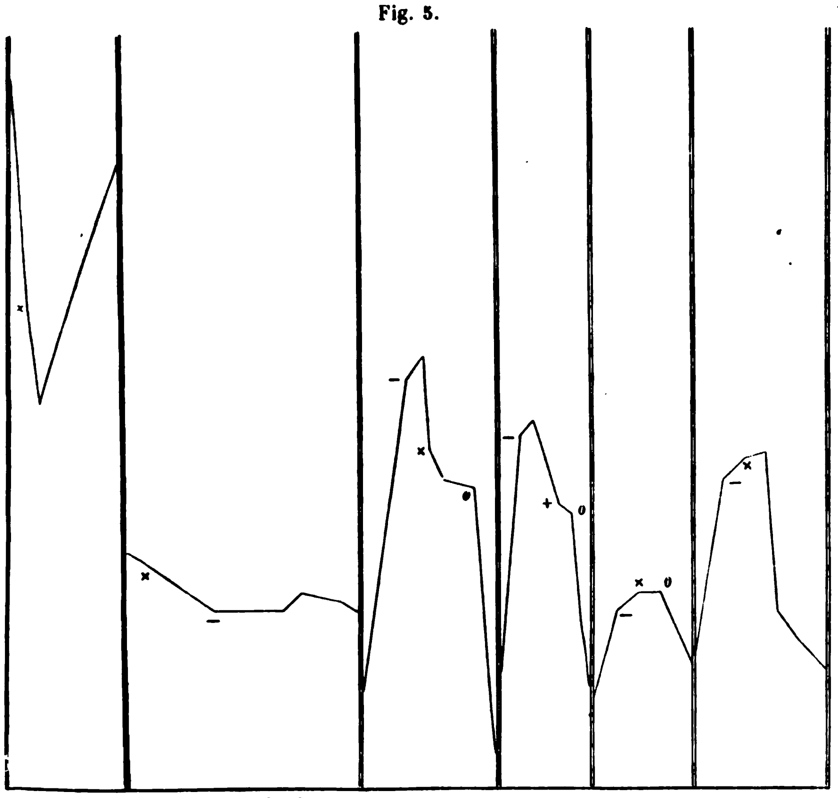


— Einblasen begonnen; + Einblasen beendet; im Beginn der drei letzten Beobachtungen Aorta comprimirt; 0 Aorta geöffnet.

nannten Verbindung der Anfang gemacht worden war. Dieses Absinken hätte sich selbstverständlich in einem um so höheren Grade einstellen müssen, je bedeutender das Herz unter der Einwirkung unseres Giftes gelitten hätte. Aus einer nähern

Ueberlegung der Bedingungen, unter welchen der soeben skizzirte Versuch ausgeführt wird, ergiebt sich jedoch sogleich, dass man nicht immer auf ein vollständiges Ausbleiben der Drucksenkung rechnen könne; dieses darum nicht, weil ja durch die Verschliessung der Bauchaorta nicht alle Wege abgeschnit-

Fig. 5.



Halsmark durchschnitten.

In den 4 letzten Beobachtungen Aorta comprimirt; bei 0 Aorta geöffnet; — Einblasung begonnen; + Einblasung beendet.

ten sind, durch welche das Blut aus der Brustaorta entweichen kann. Diese noch offen gelassenen Wege werden sich unter dem Einflusse des Amyloxyds erweitern und hierdurch wird eine Druckerniedrigung möglich werden. Um den Werth dieser letzteren in engere Grenzen einzuschliessen, unternahm ich die Aortencompression nur an solchen Thieren, denen das Hals-

mark zerschnitten war. Durch diese Operation war auch die Wandung der nicht verschlossenen Gefässe erschlafft und ich hatte somit zu erwarten, dass die durch die Wirkung des Amyl–

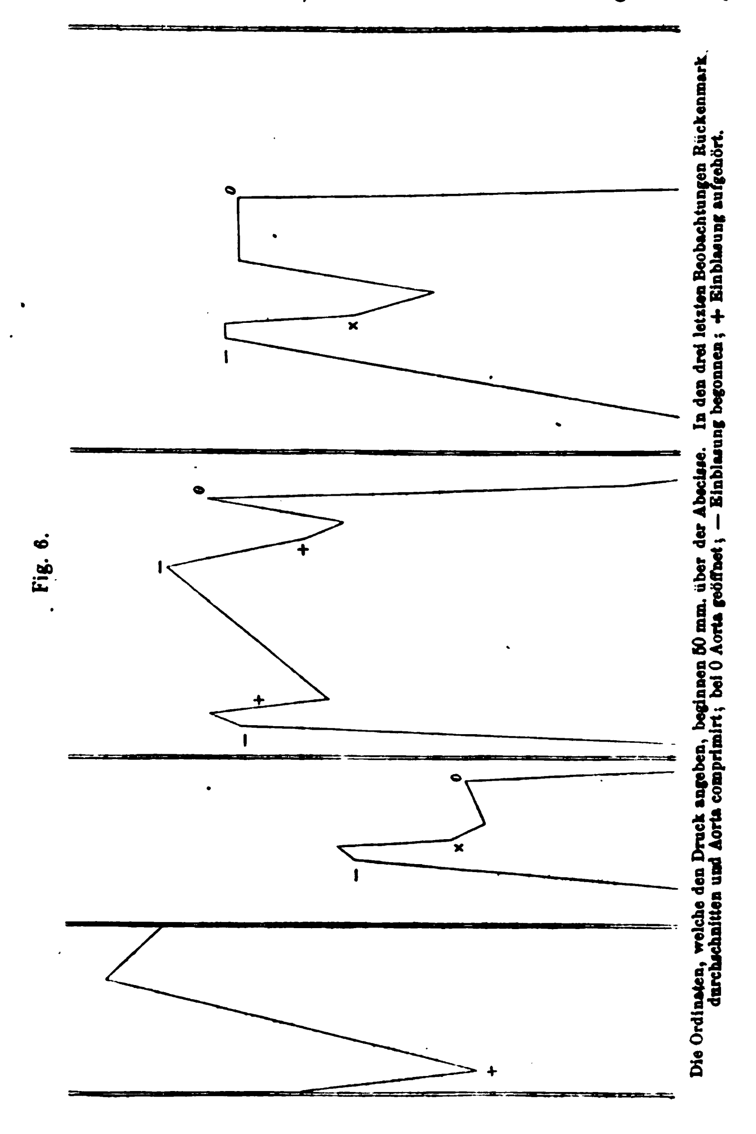


Fig. 6.

Die Ordinaten, welche den Druck angeben, beginnen 50 mm. über der Abscisse. In den drei letzten Beobachtungen Rückenmark durchschnitten und Aorta comprimirt; bei 0 Aorta geöffnet; — Einblasung begonnen; + Einblasung aufgehört.

oxyds hinzutretende Abspannung von einer geringern Folge für das beschleunigte Abfliessen des Blutes sein werde, als wenn das Amyloxyd auf die noch dem normalen Tonus ausgesetzten Gefässwandungen wirksam geworden wäre.

Die Resultate dieser Versuche sind repräsentirt durch die Figuren 4, 5 und 6. Zum Verständniss derselben führe ich an, dass die erste Einathmung an jedem der drei Thiere geschah, bevor das Rückenmark verletzt oder die Aorta comprimirt war. Diese Versuche wurden in der Absicht vorausgeschickt um die Empfänglichkeit des möglichst normalen Thieres gegen das Gift zu prüfen. Nachdem hierauf das Rückenmark durchschnitten war, wurde entweder noch vor der Compression der Aorta ein Versuch angestellt, wie ihn Fig. 5 zeigt, oder es wurde auch sogleich die Bauchaorta mit dem Finger zusammengedrückt. Als in Folge dieses Eingriffs der Blutdruck hoch angewachsen war, wurde nun mit dem Einblasen der giftigen Dämpfe begonnen. Ueberblickt man die Folgen, welche hierdurch in zweien der vorgeführten Versuche (Fig. 4 und 5) eintraten, so gewahrt man ein veränderliches Verhalten. Oefter hält sich während des Einblasens der Druck unverändert oder er steigt sogar, statt wie sonst zu sinken. Zuweilen aber stellte sich während desselben auch ein Sinken des Drucks ein, das jedoch viel geringer ist als es während der ersten Einathmung am unverletzten Thiere gewesen. Bei dem dritten Versuche (Fig. 6) findet sich während der Aortencompression und des gleichzeitigen Einblasens jedesmal ein Absinken des Druckes ein, das auch rasch wieder verschwindet, wenn mit dem Einblasen der giftigen Dämpfe aufgehört wurde. Aber auch diese Druckverminderung ist um ein Beträchtliches geringer als die vor der Markzerschneidung und der Aortencompression aufgetreten war.

Aus diesem Resultate dürfte man zu der Ueberzeugung gelangen, dass das salpetrigsaure Amyloxyd, wenn überhaupt, doch zum mindesten nicht mächtig genug auf das Herz wirke um das beträchtliche Abfallen des Druckes zu erklären, welches seine Einathmung vor der Aortencompression herbeiführt. Ueberlegt man nun, dass es Fälle giebt, in welchen der Druck gar nicht absinkt nachdem er durch die Verschliessung der Aorta emporgetrieben wurde, und bedenkt man ferner, dass die schwächern Druckabfälle, welche während des Aorten-

schlusses eintraten, ihre genügende Erklärung durch die Erweiterung der Schlüsselbein- und Kopfarterienzweige finden; erwägt man endlich, dass die Zahl der Herzschläge durch das Einblasen des giftigen Dampfes keine Veränderung erfährt, so dürfte man zu der Ueberzeugung gelangen, dass das salpetrigsaure Amyloxyd auf das Herz überhaupt keine unmittelbare Wirkung übt.

Ein Symptom, welches eine besondere Erklärung bedürfte, sind die Krämpfe der Skeletmuskeln, welche ausnahmslos beim Kaninchen eintreten, das nicht mit Curare vergiftet und dessen Rückenmark nicht durchschnitten ist. Ich habe es einstweilen unterlassen, nach einer Erklärung für dieselben zu suchen, da ich ihren Eintritt niemals bei den Menschen beobachtet habe, welche salpetrigsauren Amyloxyd einathmeten.

Schliesslich lasse ich noch die Zahlen folgen aus denen die Figuren der vorstehenden Abhandlung construirt sind. — Ich bitte bei der Durchsicht die Pulszahlen zu beachten.

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen
Juli 9.					Zu Fig. 1.
1.	0	begonnen	101.5	9	
	10		57	9	Krämpfe
	22	aufgehört	65		
	59		90		
	87		108		
2.	0	begonnen	83	9	
	19	aufgehört	52	9	Krämpfe
	32		102		
	36		98		
3.	3		141	11,5	Mit Curare vergiftet
	6		157	11,5	
	12	angefangen	139	11,5	
	19		99		
	30		112		
	41		106		
	59		108		
	72		88		

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung.	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen.
Juli 9.					Zu Fig. 1.
3.	77		101		
	151		85		
	159		126	11,0	
	165		101		
4.			75	12?	
	1	angefangen	38		
		aufgehört	67		
	3	angefangen	78		
	6		67		
	14		62		
	21	aufgehört	64		
	36		64		
Juli 21.					Zu Fig. 2.
1.	0	angefangen	72	10	
	8	aufgehört	41		Krämpfe
	17		38	11	
	30		68		
	108		68		
2.	0	angefangen	18	9	Rechte Hälfte des Rückenmark durchschnitten.
	20	aufgehört	11	,5	
	25		8,5	4	
	53		8	4	
	111		11	8	
3.	0	angefangen	9	9	
	4	aufgehört	3,5	6	
	20		4	4	
	46		6	8	
	später		9	9	
Juli 23.					Zu Fig. 3.
1.	0	angefangen	81	9 u. 11	
	14	aufgehört	56	11	
	87		70		
2.	0	angefangen	43	8	Rückenmark am occiput durchschnitten.
	6		43	8	
	25	aufgehört	32	8 u 7,5	
	33		30	8	
	64		42		
3.	0	angefangen	42		
	7		34		
	20	aufgehört	32		
	112		36		

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung.	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen.
Juli 23.					Zu Fig. 3.
4.	0	angefangen	38		
	42		29		
	87	aufgehört	34		
5.	0		32		
	56	fing an	27		
	123		32		
Juli 31.					Zu Fig. 4.
1.			95		
	7	angefangen	65		
	12	aufgehört	95		
			36		Rückenmarkdurchschnitt zwischen atlas u. occiput.
2.	0	angefangen	95	6,5	Aorta comprimirt.
	8	aufgehört	95	6	
	16		90		
	33		97	6	
	100		40	8	Aorta losgelassen.
3.			36		
		angefangen	86	5,5	Aorta comprimirt.
	12		92	5	
	31		97	5	
	50		22	6	Aorta losgelassen.
4.	0		38	6	
	28	angefangen	105	7	Aorta comprimirt.
	42	aufgehört	107	7	
	70	angefangen	112	6	
	84	aufgehört	114		
	92		116		
	106		47		Aorta losgelassen.
	134		44		
Aug. 9.					Zu Fig. 5.
1.	0	angefangen	97		
	8	aufgehört	65		Krämpfe.
	44		52		
	56		85		
2.	0	angefangen	32	6	Rückenmark durchschnitten.
	8	aufgehört	30	6	
	36		24		
	70		24	6	
	76		26	6	
	92		25		
	98		24		

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung.	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen.
Aug. 9					Zu Fig. 5.
3.	0		13		
	17	angefangen	55		Aorta comprimirt.
	24		58		
	27	aufgehört	45		
	33		41		
	47		40		
	53		7		Aorta losgelassen.
	67		3		
4.			14	6,5 u. 7	
	11	angefangen	47	6,5	Aorta comprimirt.
	16		49	6	
	23	aufgehört	38	6	
	28		37	8	
	33		14	7	Aorta losgelassen.
5.			18	6	
	12	angefangen	23	6	Aorta comprimirt.
	22	aufgehört	26	5,5	
	33		26	5,5	
	47		17	7	Aorta losgelassen.
6.			19	5	
	12	angefangen	41	6	Aorta comprimirt.
	19	aufgehört	44	6	
	26		45		
	32		23	6	Aorta losgelassen.
	50		16	6,5	
Aug. 12.					Zu Fig. 6.
1.	0	angefangen	97		
	5	aufgehört	76		Krämpfe.
	17		126		
	110		119		
2.			20	8	Rückenmark durchschnitten.
	25	angefangen	92	7	Aorta comprimirt.
	31		95	8	
	33	aufgehört	80	6,5	
	38		75	8	
	61		78	7,5	
	72		20		Aorta losgelassen.
3.			21	7	
	11	angefangen	107	7	Aorta comprimirt.
	21		113	7	
	22	aufgehört	105	6,5	

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung.	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen.
Aug. 12.					Zu Fig. 6.
3.	25		96	7	
	84	angefangen	118	7	
	86		114	7	
	98	aufgehört	99	7	
	103		94	8	
	115		113	7	
	127		26	7	Aorta losgelassen.
	140		24	7	
4.			22	8	
	0	angefangen	110	7	Aorta comprimirt
	6		110	7	
	8	aufgehört	92	7	
	18		82	7	
	34		108		
	67		108	7	
	70		33	7,5	Aorta losgelassen.
	77		20	7	
	137		17	7	
5.			18		
	5	angefangen	106		Aorta comprimirt.
	10		108		
	15	aufgehört	92		
	24		85		
	82		104		
	84		27		Aorta losgelassen.
	92		17		

F. Schweigger-Seidel, *Ueber die Grundsubstanz und die Zellen der Hornhaut des Auges.* Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede Prof. *C. Ludwig.*

Mit zwei Tafeln.

I.

Die Behandlung der thierischen Gewebe mit *Argent. nitric.*, welche gerade für die in den letzten Jahren geltend gemachten Anschauungen über den Bau der Hornhaut von besonderer Wichtigkeit, war für mich schon einmal der Gegenstand einer ausführlicheren Besprechung.[1]) Ich finde nicht, dass die damals aufgestellten Behauptungen eine Widerlegung erfahren hätten, mag man sich auch in zum Theil recht allgemein gehaltenen Ausdrücken gegen sie ausgesprochen haben. Wenn ich daher jetzt auf dieses Thema zurückkomme, so geschieht es nicht nur, um einige Missverständnisse aufzuklären, sondern hauptsächlich um meine früheren Behauptungen zu erweitern und durch neue Beobachtungen vollständiger zu begründen, damit die nicht bloss in methodischer Beziehung wichtige Frage nach dem Werth der Silberbilder zur endgültigen Entscheidung gebracht werde.

In Folge einzelner Aeusserungen sehe ich mich zuvörderst zu der Bemerkung veranlasst, dass ich durchaus nicht gegen ein Kanalsystem im Bindegewebe überhaupt aufgetreten bin,

1) Sitzungsber. d. K. S. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Leipzig. Bd. XVIII, S. 329; oder: Arbeiten aus d. physiologischen Anstalt zu Leipzig v. Jahre 1866 S. 150.

vielmehr ganz speciell nur die Deutung angegriffen habe, welche den auf der Oberfläche der serösen Häute und der Gelenkmembranen bei Behandlung mit Silberlösung auftretenden Bildern zu Theil geworden, wobei ich das durch Silber hervorgerufene Lückensystem, wie allgemein üblich, das System der *v. Recklinghausen*'schen Saftkanälchen nannte. Wenn man daher jetzt anfängt, von platten Zellen ausgekleidete Spalten im Bindegewebe als Saftkanälchen zu bezeichnen[1]) und dabei behauptet, ich habe das Vorhandensein der Saftkanälchen ganz geläugnet, so ist das offenbar eine etwas starke Verschiebung der thatsächlichen Verhältnisse. An der Praeexistenz gewisser Spalträume im Bindegewebe habe ich nie gezweifelt, und habe noch weniger einen Zweifel ausgesprochen, wesshalb es in der That gar keinen Zweck hat meinen Einwürfen gegen die Silberbilder entgegenzuhalten den Hinweis auf Saftkanälchen im Allgemeinen und die der Nabelschnur im Besonderen, ohne zugleich die Berechtigung nachzuweisen, natürliche Spalten und Silberlücken einander vollkommen gleich setzen zu dürfen. Diese Berechtigung habe ich bestritten und werde ich auch fernerhin bestreiten.

Das Endresultat meiner früheren Untersuchungen war folgendes: Die bei Anwendung von Silberlösung auf Bindegewebshäute unmittelbar unter dem Epithel derselben hervortretenden sternförmigen Hohlräume stehen zur eigentlichen Textur der Gewebe in keiner Beziehung, sondern sind im Wesentlichen nur bedingt durch die coagulirende Wirkung des Silbersalzes auf eine formlose, mehr oder weniger fest anhaftende dünne Schicht einer eiweissartigen Substanz. Nach Reduction der Silberverbindung scheint es alsdann, als ob in einer gefärbten Grundsubstanz ein Kanalsystem vorhanden sei.

Die Beweisführung war bisher insofern keine allgemeine, als ich früher eine bestimmte Oertlichkeit, an welcher sich die vermeintlichen Saftkanälchen besonders schön darstellen lassen, ausdrücklich von der Berücksichtigung ausgeschlossen hatte. [2])

1) *Köster, K.*, Ueber die feinere Structur der menschl. Nabelschnur. Inaugur. Dissertat. *Würzburg* 1868. Es ist dem Herrn Vf. anzurathen, Arbeiten, über die er sich ein Urtheil erlaubt, genau durchzulesen, damit er wisse, was darin steht und danach seine Ausdrücke bemesse.

2) l. c. p. 338 resp. 189.



Es ist dies die Hornhaut. Wie ich damals hervorhob, gestalten sich in ihr die Verhältnisse complicirter, indem sie Körperchen mit strahlig angeordneten Ausläufern beherbergt, die in ihrer Form den sternförmigen Silberlücken vollständig zu entsprechen scheinen. Zweifel an der natürlichen Vorbildung beider konnten eben nur auf Grund anderweitiger Erfahrungen aufsteigen, aber diese Erfahrungen waren gerade hinreichend, um zu einer erneuten genauen Untersuchung zu drängen, wenn auch der Erfinder der Saftkanälchen seine Lehre bezüglich der Hornhaut für so vollkommen gesichert hält, dass er mit dem einfachen Hinweis auf sie die anderen Angriffe abschlagen zu können vermeint.[1] Selbstverständlich ist dies kein wissenschaftliches Verfahren.

Ich glaube, dass die Discussion über die Silberbilder sich wesentlich vereinfachen wird, wenn ich zuvörderst das angebe, was durch verschiedenartige andere Beobachtungen über den Bau der Hornhaut festgestellt werden kann, da die Sicherheit der Resultate offenbar eine um so grössere, je freier von Einwürfen die angewendete Untersuchungsmethode ist. Ueber die Hornhaut ist bekanntlich schon manches Wort gesprochen worden und da den Lesern dieser meiner Arbeit die früheren Angaben nicht neu sein können, so darf ich wohl von einer entwicklungsgeschichtlichen Darstellung der Lehre absehen. Auf Grund der immerhin nothwendig werdenden Citate wird die jedesmalige Uebereinstimmung oder Abweichung leicht aufgefunden werden können.

II.

Die Grundsubstanz der Hornhaut ist eine fibrilläre. Wie beim gewöhnlichen Bindegewebe hat man die Fibrillensubstanz zu trennen von einer zwischen ihre Elemente eingelagerten formlosen Eiweisssubstanz (Kittsubstanz); die Reichhaltigkeit derselben bedingt bei der Feinheit der Fibrillen den Anschein einer fast vollständigen Homogenität des Hornhautgewebes.

---

1) *v. Recklinghausen*, Das Lymphgefässsystem. *Stricker's* Handbuch der Gewebelehre S. 228.

Beide Substanzen kann man leicht getrennt von einander gewinnen. *Bruns*, welcher die aus der Hornhaut zu extrahirenden Eiweissstoffe neuerdings untersuchte,[1]) fand neben einem in Wasser löslichen Alkalialbuminat noch einen dem Myosin gleichzusetzenden Körper und will denselben von den zelligen Elementen ableiten. Richtig ist, dass man bei Behandlung der Cornea mit 10 proc. Kochsalzlösung eine Substanz erhält, welche vollständig die Reactionen des sogen. Myosins giebt und welche entschieden den Hauptbestandtheil der durch Extraction überhaupt zu gewinnenden Stoffe bildet. Verfolgt man jedoch mit dem Mikroskope die durch Kochsalzlösung im Hornhautgewebe hervorgerufenen Veränderungen, so kann es nicht zweifelhaft bleiben, dass eine Lösung der interfibrillären Kittsubstanz vorliegt.[2]) Maceration von Schnitten frischer Hornhäute in der bestimmten Kochsalzlösung bietet uns ein sicheres Mittel, um die Fibrillen isolirt zu gewinnen. *Rollet* bediente sich bekanntlich zu demselben Zweck des übermangansauren Kali.[3])

Vollständig von einander gelöst sind die Hornhautfibrillen von der äussersten Feinheit und dürfen als solche nicht verwechselt werden mit den zarten Bündelchen oder Fasern, welche durch ihre Aneinanderlagerung entstehen.[4]) Die Fibrillenbündel sind weiterhin zu dünnen Schichten angeordnet, welche im Allgemeinen parallel der Hornhautoberfläche gelagert sind. Da die Richtung der Fibrillen in diesen Schichten eine wechselnde, bei zwei sich deckenden Lagen eine fast rechtwinklig gekreuzte ist, so müssen auf Querschnitten der Hornhaut die Fibrillen bald mehr in der Längs- bald mehr in der Querlage getroffen sein. An der einfach erhärteten Cornea gelingt es allerdings zumeist nicht (wegen der anscheinenden Gleichartigkeit der Substanz) dies Structurverhältniss wahrzunehmen, aber

1) Tübinger medic. chem. Untersuchungen 2. Heft S. 260.

2) Das Nähere findet sich in dem dieser Arbeit beigegebenen Anhange, in dem die Wirkung der 10 proc. Kochsalzlösung auf die Gewebe eingehender besprochen wird. Daselbst wird auch auf das chemische Verhalten der Fibrillensubstanz Rücksicht genommen werden.

3) *Rollet*, Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Bd. XXXIII, S. 516.

4) *W. Kühne* nennt im Lehrbuch d. physiol. Chemie S. 386 die aus der Hornhaut durch übermangans. Kali darstellbaren »Fibrillen« geradezu breiter als die Fibrillen des Bindegewebes.

man kann es deutlich hervortreten lassen, wenn man in die frische Hornhaut vermittelst Einstichinjection eine Gerbsäure-Lösung von etwa 1 proc. oder auch dünnen Alkohol unter schwachem Druck eintreibt und die in Folge davon verdickte Substanz auf Querschnitten untersucht. Durch die injicirte Flüssigkeit werden die Fibrillen auseinander gedrängt, die Schichten schwellen an, und die Verschiedenheit der Lagerung gewinnt an Deutlichkeit, Fig. 1. Zweifellos dieselben Bilder erhielt *Henle* an einer durch entzündliche Infiltration verdickten Hornhaut.[1] Durch derartige Präparate gewinnt man freilich keine richtige Vorstellung von der Dicke und der Vertheilung der einzelnen Schichten, deren Spaltung in Wirklichkeit eine viel ausgesprochenere, als es so erscheint. Desshalb gebe ich die bei 500facher Vergrösserung gezeichnete Abbildung Fig. 3, entnommen einem Querschnitte der Hornhaut des Hundes, welche ohne Formveränderung in der von *Merkel* empfohlenen Mischung von Chromsäure und Chlorplatin[2] erhärtet worden war.[3]

Man pflegt vielfach von Hornhaut-Lamellen zu reden, darf dies aber nie in dem Sinne thun, als ob eine wirklich naturgemässe Trennung der einzelnen Faserschichten vorhanden sei, da nachweisbar die Fibrillen aus der einen Schicht in die benachbarten übertreten. Die Durchflechtung der Fibrillenbündel bewirkt den natürlichen Zusammenhang der Lamellen und nicht eine zwischen letztere abgelagerte Kittsubstanz. Lässt man Schnitte frischer Hornhäute in Kochsalzlösung liegen und sucht sie dadurch von der Kittsubstanz möglichst zu befreien, so verbreitern sie sich beträchtlich in Folge einer Quellung der Kittmassen, aber in keinem Stadium der Maceration bemerkt man eine Loslösung der Lamellen. Ersichtlich ist ferner, dass die Annahme gesonderter Lamellen einen anderen Erfolg der erwähnten Einstichinjectionen erwarten lässt. Macht man derartige Querschnitte in Wasser aufquellen und versucht sie sodann der Breite nach auseinander zu ziehen, so trennen sich wiederum niemals Lamellen von einander, sondern es legen

1) *Langhans*, Zeitschrift f. rat. Medicin 3. R. Bd. 12, S. 9 u. *Henle*, Eingeweidelehre S. 595, Fig. 454.

2) *Merkel, Fr.*, Ueber die Macula lutea des Menschen. Leipzig 1870.

3) Ueber Fibrillen u. Fasern vergl. auch *Engelmann* (Ueber die Hornhaut des Auges, Leipzig 1867), welcher seine Angaben stützt auf die Untersuchung der frischen Cornea vom Frosche.



sich die quergetroffenen Schichten um, indem ihre Formelemente mit den Längslagen in Verbindung bleiben. Wir erhalten Bilder, wie Fig. 2. Zwischen den von rechts nach links ziehenden Längslagen *a* u. *b* befindet sich die auf die Seite gelegte Querschicht *c*, zusammengesetzt aus bandartigen Fasern (Fibrillenbündel), deren Vertheilung gerade hier gut zu übersehen ist und in Rücksicht auf die entsprechende Vertheilung der interfibrillären Massen beachtenswerth erscheint. Ein Theil der Fibrillenbündel geht in die obere, der andere in die untere Längsschicht über; soll *a* u. *b* noch weiter von einander entfernt werden, so kann dies meiner Anschauung nach nur geschehen, indem die Fasern in der Schicht *c* sich bis zur vollständigen Trennung so neben einander verschieben, wie die Finger aneinander hingleiten, wenn die gefalteten Hände auseinander gezogen werden. Günstigen Falls erkennt man bei stärkerer Vergrösserung den Austausch der Fibrillen zwischen den einzelnen Lagen verschiedener Richtung unmittelbar, wenigstens erschienen mir Präparate, denen Fig. 5 entspricht, hinreichend beweisend. Auf die Bedeutung dieser Präparate wird später nochmals zu verweisen sein.

Der im Vorhergehenden erwähnte Parallelismus der sogen. Hornhautlamellen ist übrigens, wie bekannt, kein vollständiger. In der ganzen Dicke der Hornhaut sieht man selbst von einander entferntere Schichten durch zumeist schräg ansteigende Bündel in Verbindung gesetzt. Häufiger ist dies der Fall in den vorderen Partien der Hornhaut, und besonders in den Schichten unmittelbar unter dem äusseren Epithele ist die Spaltung und Durchflechtung der Bündel eine so ausgesprochene, dass jeder Anschein einer lamellösen Structur verschwindet. Das dichte Flechtwerk zarter Bündelchen (von etwa 0,01 Mm. Breite) bedingt das festere Gefüge dieser Lagen, welche selbst nach anhaltender Maceration in Kochsalzlösung nicht auseinander weichen. Jedoch kommt es hier nicht zur Bildung einer eigentlichen Elastica anterior, die in Analogie zu bringen mit der so scharf charakterisirten *Descemet*'schen Membran an der inneren Fläche der Hornhaut.

Während man Letztere fast allgemein für structurlos erklärt, hat neuerdings *Tamamscheff* an mit Jodkaliumjodlösung behandelten Schnitten getrockneter Hornhäute nicht nur eine Zusammensetzung aus einzelnen Lamellen, welche auch *Henle*

erwähnt, sondern sogar einen Zerfall in feinste Fibrillen wahrgenommen.[1])

Eine deutliche fibrilläre Streifung der Membran sieht man auch nach längerer Einwirkung von 10 proc. Kochsalzlösung, welche eine leichte und vollständige Ablösung ermöglicht, jedoch gelingt es nicht Fibrillen wirklich zu isoliren, was mir auch das Verfahren von *Tamamscheff* nicht zu leisten scheint.

Spricht schon der Nachweis einer fibrillären Zusammensetzung gegen die Annahme einer structurlosen Membran, so ist dies noch mehr der Fall bei Beobachtungen, welche darthuen, dass der Aufbau der Descemetiana entschieden ein sehr complicirter. Obgleich meine Untersuchungen in dieser Beziehung sich nur in Anfängen bewegen, so gebe ich doch die Beschreibung gewisser durch Kochsalzlösung gewonnener Präparate, schon um die Aufmerksamkeit auf diese Verhältnisse zu lenken. Man kann an einer glatt abgelösten Haut drei Schichten unterscheiden, von denen jede ein eigenthümliches, bisher unbekanntes mikroskopisches Bild liefert. Nach Entfernung des Augenkammerepithels bemerkt man zuerst (unmittelbar unter demselben) in der glänzenden Substanzschichte eine Abgrenzung unregelmässiger Felder, hervorgerufen durch hellere oder dunklere Linien (je nach Einstellung des Mikroskopes), welche von weiteren, in ihren Knotenpuncten gelegenen, scheinbaren Poren ausgehen. Die Abbildung Fig. 7 erspart mir eine detaillirtere Beschreibung. Die Felder sind klein, zumeist vierseitig oder auch dreieckig, jedenfalls mit den Epithelzellen in keine Verbindung zu bringen. Die abgrenzenden Linien sind zumeist nicht auf grössere Strecken gleichmässig wahrzunehmen, sie verschwinden stellenweise, um an anderen Puncten wieder aufzutauchen, ja es bleiben bisweilen nur die scheinbaren Poren übrig, bis auch diese undeutlich werden.[2]) In den mittleren Schichten der Membran stossen wir auf ein anderes, recht verwickeltes Bild (Fig. 8 u. 9), welches mit dem vorhergehenden theilweise zur Deckung gebracht werden kann. Wiederum eine Abgrenzung bestimmter Felder, welche jedoch

1) Centralblatt f. d. medic. Wissenschaft. 1869. No. 23.

2) *Tamamscheff* sagt am Schlusse seiner kurzen Mittheilung, er sei mit der Untersuchung der Frage beschäftigt, ob die Membrana Demoursii Poren »ductuli« besitze.



dieses Mal bewirkt wird durch Bündel feinster Fibrillen, die den Knotenpuncten resp. Poren entsprechend wie zusammengeschnürt erscheinen. Untersucht man mit Immersionslinsen, so macht es an bestimmten Stellen den Eindruck, als ob ein Fibrillenbündel durch eine enge Oeffnung gesteckt, sich büschelförmig ausbreite um in die allgemeine Fibrillenfaserung der ganzen Membran überzugehen. Fig. 9. Uebrigens ist auch in diesem Falle das Verhalten kein gleichmässig verbreitetes, sondern zeigt sich mannichfach unterbrochen und verschwindet stellenweise wieder ganz. Die dritte Schicht der *Descemet*'schen Membran schliesslich ist diejenige, welche der fibrillären Hornhautsubstanz unmittelbar anliegt. Ihre Eigenthümlichkeiten giebt Fig. 7 in genügender Weise wieder.

Die gegebene Beschreibung dürfte in allen ihren Einzelheiten vielleicht nur für den Ochsen gelten, bei dem ich auch in der frischen Haut die Bildungen der Fig. 7 wieder finden konnte. Bei anderen Thieren scheinen sich die Verhältnisse den Formen, aber wohl nicht der Bedeutung nach anders zu gestalten, doch will ich mich auf eine detaillirtere Schilderung nicht einlassen. Beim Kaninchen waren auch nach dem Kochen der *Descemet*'schen Membran in Alkohol + Salzsäure die Formationen der Fig. 10 deutlich ausgeprägt.

Der ganze Befund deutet offenbar auf eine Zusammensetzung der glasartigen Haut aus einzelnen kleineren Abtheilungen und erinnert sofort an die Angabe, dass die Membran der Ochsen »nach 30stündigem Kochen in eine Menge feinster etwas eingerollter, glasartig durchsichtiger Plättchen« zerfällt. (*Henle*, Eingeweidelehre.) Die Spaltlinien der Fig. 7 lassen sich zwar eine Strecke weit hinein in die Haut, aber nicht durch die ganze Dicke hindurch verfolgen. Was endlich die Fasereinlagerung (Fig. 8 u. 9) betrifft, so findet sich dieselbe, soweit als ich sehe, am schönsten entwickelt in der Nähe des Hornhautrandes und wird demnach mit der An- resp. Einfügung des Ligamentum pectinatum in Verbindung zu bringen sein. Dasselbe gilt ja nach *H. Müller* von den warzenartigen Erhebungen, die er am Rande menschlicher Hornhäute aufgefunden,[1]) sodass wir auch in ihnen eine den beschriebenen Formeigenthümlichkeiten an die Seite zu setzende Bildung wiederfinden.

---

1) ***Müller*, *H.***, Arch. für Ophthalmol. Bd. II.

Die bisher geschilderte Spaltbarkeit der Hornhautgrundsubstanz ist selbstverständlich eine künstliche, da sie nur nach Entfernung des einen Gewebsbestandtheiles zur Geltung kommen kann. Neben ihr besteht aber noch eine natürliche Spaltbildung, dadurch bedingt, dass die einzelnen lamellösen Schichten nicht in ihrer ganzen Ausdehnung an einander geheftet sind. Es bleiben vielmehr bei der Durchflechtung der Fibrillen Lücken bestehen, welche sich, wenngleich nur gröblich, mit den Lücken eines Strohgeflechtes vergleichen lassen. Diese Spalten sind geknüpft an das Vorhandensein zelliger Elemente inmitten der Grundsubstanz, welche in den bekannten Querschnittsbildern als eingelagerte spindelförmige Körperchen erscheinen. Die Zellen sind der fibrillären Substanz fest angeheftet und werden nur zur Auskleidung der Lücken verwendet, wesshalb es nicht gestattet, die Spalten in der Hornhaut den Knorpelhöhlen gleichzusetzen. Im Knorpel ist die Zelle die einzige Bedingung für die Höhle, in der Cornea dagegen mögen beide zwar in genetischem Zusammenhange stehen, aber in rein morphologischer Beziehung können wir uns das Vorhandensein der Lücken auch ohne die Zellen denken.

Der weiteren Darstellung wird es vorbehalten bleiben, grössere Klarheit über diesen Punct zu verbreiten, vorerst muss es sich darum handeln, die Mittel kennen zu lernen, durch welche das Spaltsystem an sich zur deutlichen Anschauung gebracht werden kann.

Um dies zu ermöglichen hat man bei Behandlung der Hornhaut vor allen solche Hülfsmittel auszuschliessen, welche eine Quellung der Grundsubstanz hervorrufen, desgleichen solche, welche eine stärkere Schrumpfung bewirken. Man muss daher viele der gebräuchlichen Erhärtungsmethoden vermeiden und dürfte mit Vortheil etwa folgendes Verfahren einschlagen. Ausgeschnittene Hornhäute grösserer Thiere werden mit verdünntem Alkohol (absolutem Alkohol mit gleichen Theilen Wasser) behandelt, nachdem sie auf kurze Zeit in eine Lösung von *Argent. nitric.* eingetaucht worden, letzteres in der Absicht um durch die vom Silber bewirkte Coagulation der äusseren Schichten die Haut gegen eine gleichmässige Verdichtung widerstandsfähiger zu machen und Faltungen auszuschliessen. Die Anwendung des dünnen Alkohols genügt übrigens auch allein, besonders wenn die Augen im Ganzen eingelegt werden, we-

nigstens lassen genügende Hornhautquerschnitte auch nach dieser Behandlung die Eigenthümlichkeit hervortreten, dass die Lamellen an circumscripten Stellen von einander weichend ein mehr oder weniger ausgeprägtes Lückensystem begrenzen, das namentlich in den mittleren Schichten der Querschnitte oft in grösserer Ausdehnung sichtbar wird. Fig. 4. Da aber das angewendete Verfahren jedenfalls keine tiefgreifenden Veränderungen bedingt, indem es frei von gewaltsamen Eingriffen, da wir brauchbare mikroskopische Präparate gewinnen können, ohne nennenswerthen Druck und Zug auszuüben, so bleiben für die Vermuthung, dass wir es hier mit beliebigen künstlichen Spalten und Rissen zu thuen haben, keine Anhaltepuncte. Anderweitige Gründe machen sich direct gegen eine derartige Annahme geltend.

Zunächst die Form der Spalten, welche als eine bestimmte und regelmässige zu bezeichnen, wenngleich Verschiedenheiten vorhanden, je nach der Schnittführung und nach dem Grade der Erweiterung. Die wenig geöffneten Spalten sind langgestreckt, nimmt der Querdurchmesser zu, dann verkürzt sich der Längsdurchmesser, sodass wir neben spindelförmigen Räumen ovale und fast runde Formen bekommen. Die Gestalt der Lücken ist abhängig von dem Quellungszustande der Hornhautlamellen. Querschnitte einer in der oben angegebenen Weise vorbereiteten Haut mit ganz dünner Essigsäure betupft, werden allmählig breiter und lassen alsdann keine geöffnete Spalten erkennen, gelingt es jedoch die Säure möglichst schnell wieder auszuwaschen, so sind in den schmaler gewordenen Schnitten die Lücken wieder aufgethan. Besser gelingt diese Zurückführung in den früheren Zustand, wenn man etwas Gerbsäure zu Hülfe nimmt.

Der erwähnte Umstand, dass Längs- und Querdurchmesser der Spalten an einander gebunden sind, beweist ihr peripherisches Abgeschlossensein, weil andernfalls die Erweiterung mit einer Vergrösserung Hand in Hand gehen würde. Gerade desshalb ist unsere Fig. 5 von besonderer Wichtigkeit, weil sie unmittelbar erkennen lässt, wie die Abgrenzung bewirkt wird durch die sich verflechtenden Fibrillenzüge. Für die hierauf gestützte Behauptung, dass die Spalten präformirte Bildungen seien, spricht ferner die Möglichkeit einer reinlichen Anfüllung derselben durch Injection, aus deren Ergebnissen wir überdies

die Ueberzeugung gewinnen, dass wir es nicht mit isolirten Lücken zu thuen haben, wie es den Querschnittsbildern nach erscheint, sondern dass es sich um ein zusammenhängendes Spaltsystem handelt, welches die ganze Hornhaut nach Länge und auch nach Dicke durchzieht. — *Henle*, welcher bekanntlich das Vorhandensein spaltförmiger Hohlräume in der Cornea schon früher behauptet und neuerdings wieder eingehender behandelt hat,[1]) glaubt, dass kein Grund für die Annahme eines derärtigen Zusammenhanges der Spalten vorhanden sei, indessen wüsste ich wirklich nicht, was sich mit Erfolg einwenden liesse gegen die Beweiskraft der Injectionsversuche, deren Besprechung wir uns jetzt zuwenden wollen.

Einstichinjectionen der Hornhaut sind bereits früher von *Bowmann* ausgeführt, von neuem durch *v. Recklinghausen* aufgenommen[2]) und später durch *Leber*[3]) und *C. F. Müller*[4]) wiederholt und erweitert worden. Günstige Resultate wurden nur theilweise erzielt und zwar dessbalb, weil bei Anwendung der gewöhnlichen Injectionsmassen die Flüssigkeit sofort in das weiche Gewebe der frischen Hornhaut eindrang und sich zwischen den Fibrillen verbreitete, während die körnigen Massen zurückgehalten klumpig zusammengeballt wurden. Brauchbar erwiesen sich daher neben Quecksilber eigentlich nur ölige Massen, letztere namentlich wenn sie gefärbt. *Müller* verband mit der Injection der Cornea die Behandlung mit Chlorgold und die Färbung mit Haematoxylin.

Von einer Wiederholung derartiger Injectionsversuche waren von vornherein wesentlich neue Resultate nicht zu erwarten. Selbst bei voller Anerkennung ihrer Beweiskraft musste es daher wünschenswerth erscheinen andere Wege einzuschlagen, um womöglich mit besseren Erfolgen als bisher auch körnige Injectionsmassen zur Verwendung zu bringen. In diesem Bestreben wurde ich dahin geführt Hornhäute zu benutzen, welche eine Zeit lang in dünnem Alkohol verweilt hatten, was um so näher lag, als ich wusste, dass in ihnen die Spalten er-

---

1) Eingeweidelehre S. 601.

2) *v. Recklinghausen*, Die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin 1862.

3) Monatsblatt für Augenheilkunde. 1866, S. 17.

4) *Virchow's* Archiv. Bd. 41, S. 110.

öffnet oder wenigstens in erweiterungsfähigem Zustande vorgefunden werden. Ausserdem hatte ja *C. Ludwig* bereits andere Organe für die Injection der Lymphbahnen durch Alkoholbehandlung vorbereitet. Will man Präparate von wünschenswerther Vollendung erzielen, so dürfen die eingespritzten feinvertheilten Niederschläge nicht grobkörnig und zu dicht sein, dürfen auch nicht in zu hohem Grade die Neigung besitzen, zusammenzuballen, weil sonst die feinen Gänge allzuleicht verlegt werden. Unter allen Umständen ist es empfehlenswerth, die Ausfällung des Niederschlages jedesmal unmittelbar vor der Benutzung vorzunehmen.[1]) Brauchbare Injectionsmassen müssen bei langsam erhärteten (aber nicht geschrumpften) Hornhäuten selbst bei ganz geringem Druck von der Einstichstelle aus eine Strecke weit vordringen, ohne Verdickung der Haut, also ohne Extravasatbildung. Hierauf ist besonders zu achten. Die Schnelligkeit der Verbreitung ist ein sicheres Zeichen, dass die Massen in die rechten Bahnen eingetreten; eine Steigerung des Druckes gewährt zumeist keinen wesentlichen Vortheil. Für die Schönheit der Präparate ist ein gewisser Grad der Füllung der Spalträume unerlässlich. Stauen sich die injicirten Massen zu stark an, so droht eine Zerreissung; ist die Füllung zu gering, so tritt die Begrenzung nicht scharf genug hervor. Aus diesen Gründen findet man die besten Bilder immer nur in einer beschränkteren Region um die Einstichstelle herum. Die unvollständig injicirten Partien lassen sich dafür in anderer Beziehung nützlich verwenden, z. B. wenn es gilt durch nachfolgende Imbibition die Lagerungsverhältnisse der Kerne anschaulich zu machen, kurz es liegt die Möglichkeit vor verschiedenartige Präparate aus derselben Cornea mit einander zu vergleichen.

Von den Fällen einer gelungenen Spaltinjection sind mit

1) Ich empfehle folgende Injectionsmassen: 1 Theil lösliches Berlinerblau (nach *Brücke's* Vorschrift) in trockener Substanz gelöst in 100 Theilen Wasser, vermischt mit gleichen Mengen einer 2proc. Kochsalzlösung. — Einen Niederschlag von Ferrocyankupfer bereite ich mir, indem ich einer 1 proc. Lösung von Ferrocyankalium hinzufüge gleiche Theile einer gleichfalls 1 proc. Lösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak. Es ist für die Form des Niederschlages durchaus nicht gleichgültig, aus welchen Verbindungen er hergestellt wird. Als Lösungsmittel für die Salze empfehlen sich auch kaltflüssige Leimmassen.



Leichtigkeit diejenigen abzutrennen, bei denen die Massen in die Grundsubstanz selbst, zwischen die Fibrillenbündel eingedrungen, wie es an der Einstichstelle fast ausnahmslos in grösserem oder geringerem Grade geschieht. Hier finden sich stets gestreckte spiessartige Figuren, bald breiter bald schmaler, parallel neben einander verlaufend, aber in wechselnden Schichten verschiedentlich gekreuzt, gerade wie die Fibrillenzüge selbst zwischen denen die Massen liegen. Vergl. Fig. 12. Taf. II. Um wieviel anders dagegen Fig. 13, nach einem Flächenschnitt derselben Hornhaut des Hundes! Bei den mannichfachsten Versuchen kehren dieselben Bilder mit grosser Gleichmässigkeit wieder. Immer erhalten wir Netze, ohne vollkommene Regelmässigkeit der Maschenbildung, parallel der Hornhautoberfläche schichtenweis (*a*, *b*, *c*) angeordnet, aber auch in der Tiefe durch vereinzelte Ausläufer mit einander verbunden (*d*). Man constatirt letzteres noch sicherer an Querschnitten injicirter Hornhäute, die übrigens unserer Fig. 4 vollständig entsprechen, bloss dass die Spalten gleichmässiger geöffnet und gefüllt sind. Die anastomosirenden Kanäle sind ausgebuchtet, abwechselnd enger und weiter, deutlich aus einzelnen Abtheilungen zusammengesetzt. Wie die äusseren Schichten der Hornhautsubstanz weniger regelmässig geordnete Lamellen erkennen lassen, so bilden auch die injicirten Spalten-Netze hier weniger parallele Lager und bestehen aus schärfer gesonderten drei- oder vierstrahligen Abtheilungen, während in der Tiefe, besonders nach dem Scleralrande zu häufiger weitere Räume angetroffen werden, durch deren Eingeschobensein das Bild ein etwas abweichendes wird. Schliesslich dürfte noch zu erwähnen sein, dass die Injectionsmasse mitunter auch in isolirt verlaufende langgestreckte Kanäle eindringt (Fig. 13*e*), welche als zur Aufnahme der Hornhautnerven bestimmt angesehen werden müssen. Von einem Einstichkanale aus kann man unter günstigen Umständen die halbe Hornhaut anfüllen, nur dass an der Grenze des Injectionsterrains die Masse allmählig an Dichte abnimmt. Spritzt man verschieden gefärbte Massen von zwei Puncten aus ein, so begegnen und vermischen sich dieselben in den vorgeschriebenen Bahnen der Hornhautspalten.

Beschreibung und Abbildungen beziehen sich zunächst, wie angegeben, auf die Hornhaut des Hundes, aber ganz ebenso verhalten sich die injicirten Spalträume bei der Katze und beim

Kaninchen. Schon des Vergleiches halber, inwieweit meine Resultate mit den früherer Beobachter übereinstimmen, betrachte man das Bild, welches der Abhandlung von *C. Fr. Müller* beigegeben ist,[1]) und von mir, wenn auch nur zum kleineren Theil, in Fig. 15 copirt worden. Dasselbe ist entnommen einer injicirten frischen Cornea des Kaninchens und gleicht fast vollständig meiner Fig. 14. Die Uebereinstimmung bezieht sich nicht allein auf die Vertheilung der Injectionsmasse im Allgemeinen, sondern auch auf das Verhalten der Kerne zu den Spalträumen, wie es durch nachträgliche Färbung zur Anschauung gebracht werden kann. *Müller* färbte mit Haematoxylin, ich liess einer Einspritzung von Ferrocyankupfer eine Imbibition mit Carmin folgen, nachdem ich den zu injicirenden Niederschlag so feinvertheilt genommen, dass er nur einen zarten Beleg der Wandungen bildete und nicht im Stande war, die Kerne zu verdecken. Ueberall liegen letztere der einen Wand an, einzeln oder zu zweien in jeder ausgesprochenen Abtheilung des Kanalsystemes. Hält man sich bei Betrachtung von Flächenschnitten an die schichtenweisen Lagen der injicirten Räume, so finden sich sämmtliche Kerne an der oberen oder an der unteren Wand. Nie aber bemerkt man etwas von einer den Kern umgebenden Zellsubstanz. Hiervon wird noch ausführlicher gehandelt werden, wenn von den Hornhautzellen selbst die Rede sein wird, wesshalb es genügen möge, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass auch ein Theil der *His*'schen Abbildungen von der menschlichen Cornea herangezogen werden kann zum Vergleiche mit dem geschilderten Befunde beim Hunde und Kaninchen, obgleich, um dies nicht unerwähnt zu lassen, *His* seinen Bildern eine andere Deutung giebt.[2])

Scheinbar abweichend von den bis jetzt angegebenen gestalten sich die Verhältnisse der Injection der Hornhäute einiger Thiere, z. B. der Wiederkäuer, da den Angaben zu Folge bei ihnen die eingetriebenen Massen sich fortbewegen in nicht mit einander zusammenhängenden, langgestreckten röhrenförmigen Gebilden, den eigentlichen Corneal-Tubes von *Bowman*. Bei diesen Bildungen muss man unbedingt die Möglichkeit zugeben,

---

1) l. c. Taf. I, Fig. 1.

2) *His*, W., Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Cornea. 1856. Vergl. Taf. VI, Fig. 4 u. 6.

dass es sich um übermässig ausgedehnte interfibrilläre Zwischenräume handelt in Analogie mit Fig. 12, wenigstens bedarf die Gleichstellung der netzförmigen Hornhautspalten und der Corneal-Tubes eines besonderen Nachweises. — Ich habe die Ueberzeugung einer Berechtigung hierzu nicht gewinnen können, muss vielmehr in Gemeinschaft mit *C. Fr. Müller*[1]) behaupten, dass bei den betreffenden Thieren gleichfalls Netze injicirt werden können. Der genannte Forscher will allerdings neben den Netzspalten auch die Tubes gelten lassen, indem er zwei Formen unterscheidet, solche die durch Erweiterung der Zelllücken und solche die durch Ausdehnung der interfibrillären Räume entstehen. Ich will die Gründe nicht ausführlich erörtern, welche gegen eine solche Combination sprechen. Für mich ist die Hauptsache die, dass sich zwischen Tubes und Hornhautzellen keine analogen Beziehungen feststellen lassen, wie sie ersichtlicherweise zwischen letzteren und den netzartig verbundenen Spalten vorhanden sind.

Dass bei Flächenbetrachtung frischer Hornhäute von diesen Spalten zumeist nichts wahrzunehmen kann nicht auffällig erscheinen. Eher noch wird man etwas wahrzunehmen im Stande sein, wenn eine Verdichtung der interfibrillären Kittsubstanz stattgefunden hat. Werden beim Herausschneiden der Cornea die normalen Spannungsverhältnisse aufgehoben, wird die Haut dadurch zum Zusammenfallen gebracht, dann müssen sich auch die Wände der Spalten falten, entsprechend den Abtheilungen der begrenzenden fibrillären Massen. Daraus aber, dass die Richtung der Fibrillenzüge in den anliegenden Schichten eine gekreuzte ist, folgt weiterhin, dass die Form der etwa wahrnehmbaren Lücken eine zackige sein muss. Diese Gestalt der Spalten als die natürliche anzusehen würde nur dann gerecht-

---

1) l. c. p. 138.

v. Recklinghausen zählt auch das Kaninchen unter den Thieren auf, in deren Hornhaut die injicirten Massen in weiten geraden Röhren sich fortbewegen (Die Lymphgefässe etc. p. 42), und doch ist es gerade bei diesen Thieren leicht die schönsten Netze anzufüllen. Die ungünstigeren Resultate bei Ochsen, Kälbern, Schafen u. s. w. hängen ab von der auch anderweitig nachweisbaren grösseren Spaltbarkeit der fibrillären Substanz, der zu Folge die Masse viel leichter in die falschen, als in die richtigen Bahnen eintritt.

fertigt sein, wenn sie bei normalem Füllungszustande sichtbar gemacht werden könnte.

Bei den bisherigen Erörterungen wurde auf die zelligen Elemente der Hornhaut fast gar keine Rücksicht genommen und doch ist gerade dieser Punct von besonderer Wichtigkeit. Dass ihre Erforschung mit Schwierigkeit verbunden, erklärt die auch hieran geknüpften Controversen.

Unschwer sind unter den verschiedenartigsten Verhältnissen in der Grundsubstanz der Hornhaut scheinbar nackte Kerne wahrzunehmen, welche, wie bereits erwähnt, in bestimmter Beziehung zu den injicirbaren Spalten stehen. Allerdings kann man schon an den gewöhnlichen Querschnittsbildern constatiren, dass die Kerne nicht einfach zwischen den Lamellen liegen, sondern schmalen spindelförmigen Körperchen eingelagert sind, indessen sind doch besondere Präparationsmethoden nöthig, um zu zeigen, dass die Kerne platten Zellen angehören, welche der Grundsubstanz aufgeheftet mit einer Fläche frei in die vorgebildeten Lücken hineinschauen.

Bezüglich dieser Zellplatten soll vorerst verwiesen werden auf eine Arbeit von *Hoyer*, welche schätzbares Material enthält.[1]) Bei einer bestimmten Anwendung der Höllensteinlösung traf *Hoyer* bei jungen Hunden und Katzen im braungefärbten Gewebe scharf begrenzte, helle, unregelmässig gestaltete grössere Flecke, welche durch feine schwarze Linien in polygonale Felder mit je einem grossen ovalen Kern getheilt wurden. Die hellen Flecken entsprechen in seinen Augen einem Lager platter Zellen, welche in Analogie zu bringen mit den sogen. Endothelzellen. Nach ihm fand *C. Fr. Müller* dieselben Bilder wieder bei verschiedenen Thieren und in allen Schichten der Cornea, fühlte sich jedoch nicht veranlasst, die schwarzen Linien als Zellgrenzen gelten zu lassen. Ohne auf seine Bedenken näher einzugehen führe ich nur an, dass für mich keine genügende Veranlassung vorzuliegen scheint, die Silberlinien hier anders zu deuten, als an den übrigen Oertlichkeiten ihres Vorkommens, obgleich ich zugebe, dass den betreffenden Präparaten keine derartige Beweiskraft zugeschrieben werden kann, dass anderweitige Controlbeobachtungen für unnöthig zu halten. Von der hierher

---

1) *Hoyer*, Archiv für Anatomie u. Physiologie. 1865. S. 204.

gehörigen Fig. 16 auf Taf. II wird noch an einer anderen Stelle die Rede sein.

Im Allgemeinen hat sich ja zur Zeit die Anschauung immer mehr Bahn gebrochen, dass aneinander gereihte platte Zellen im Bindegewebe eine mehr oder weniger ausschliessliche Rolle spielen, aber bei jeder einzelnen Form des Gewebes müssen wir an erster Stelle die Forderung aufstellen, die Zellen selbst isolirt zur Untersuchung zu bringen, damit die neue Lehre auf sicheren Grundlagen aufgebaut werde. — In der Hornhaut gelingt die Isolation kernhaltiger Zellplatten nicht allzuschwer, wenn man erst die passende Methode aufgefunden hat. Ich ermögliche sie durch Anwendung der eingangs dieses Abschnittes erwähnten Einstichinjectionen in das frische Gewebe, zu denen man je nach Wunsch Jodserum, Zuckerwasser oder verdünnten Alkohol verwenden kann. An (womöglich gefärbten) Querschnitten derartig aufgeschwollener Häute bemerkt man vielfach die Ablösung kernhaltiger Streifen in den Spalten (Fig. 5); können alsdann durch vorsichtige Bewegungen die Streifen flottgemacht und durch leisen Druck auf das Deckgläschen zum Umlegen gebracht werden, so ergeben sich äusserst zarte, gebogene oder gefaltete Platten mit Kern (Fig. 6), deren Identität mit den spindelförmigen Hornhautkörperchen der Querschnitte und deren Beziehung zu den Spalten durch die unmittelbarste Beobachtung vollkommen sicher gestellt werden.

Die Substanz der Platten ist glashell, ohne Einlagerung von Körnchen, und, wie die mitunter stark in den Vordergrund tretenden Faltungen beweisen, von mehr elastischer Beschaffenheit. Die Kerne sind oval, bisweilen stark in die Länge gezogen oder unregelmässig eingebuchtet. Auch zwei alsdann meist kleinere, dichter an einander liegende Kerne können einer Zelle angehören. Das fast immer scharf markirte Kernkörperchen ist einfach oder doppelt vorhanden. Wie man sieht, kehren in den isolirten Zellplatten alle diejenigen Eigenthümlichkeiten der Kerne wieder, welche man als bemerkenswerth für die sogenannten Hornhautkörperchen angegeben hat, welche aber gleichzeitig charakteristisch sind für diejenigen zum Bindegewebe gehörigen Zellen, welche man unter der Bezeichnung »Endothelien« zusammengefasst hat. Diese Eigenthümlichkeiten schützen auch hinlänglich vor der Verwechselung mit anderen

platten Zellen, die bei der Untersuchung der Cornea in Frage kommen könnten.

Etwas Genaues über die normale Gestalt der Zellplatten anzugeben ist bei diesen Versuchen nicht möglich, weil dieselbe bei der Isolation leicht leiden kann und bei der elastischen Beschaffenheit der Substanz sogar leiden muss. Allerdings dürfte die beschriebene Isolationsmethode, bei der es sich im Wesentlichen nur um eine mechanische Lostrennung der Zellen handelt, immer noch denjenigen vorzuziehen sein, welche auf einer Quellung und Lösung der Grundsubstanz beruhen, wie die Isolation mit concentrirten Säuren (*His*) oder dünner Kalilösung (*Hoyer*), abgesehen davon, dass bei ersterer noch andere Verhältnisse in Betracht zu ziehen sind. Selbstverständlich wird durch eine vollständige Freilegung der Zellen die natürliche Aneinanderlagerung allzuleicht aufgehoben; nur äusserst selten glückt es auch hier den Zusammenhang zu erhalten, Fig. 6 *b*. Da ferner die Platten wegen ihrer grossen Zartheit bei Flächenbetrachtung der unveränderten Cornea nicht wahrzunehmen sind, so müssen wir uns schon an gewisse Silberbilder halten (Fig. 16 u. 19), dürfen aber vor allen anderen die injicirten Präparate nicht ausser Acht lassen (Fig. 14 u. 15), weil die Form der Spalten abhängig ist von der Form der Zellen. Beachtet man das früher Angeführte, so kommt man zu folgenden Schlüssen. Wo die Zellplatten mehr zusammenhängende Lager bilden, stossen sie mit breiten Rändern aneinander, welche sich bei der Silberbehandlung als schwarze Linien bemerkbar machen. Die Gestalt derselben ist alsdann eine unregelmässig polygonale. Wo hingegen die Zellen mehr einzeln liegen sind sie durch drei bis fünf, zumeist jedoch durch vier schmalere Brücken mit einander verbunden, sodass sie als multipolar bezeichnet werden könnten.

Meinen Untersuchungen über die Beschaffenheit der Zellen wurden zu Grunde gelegt die Hornhäute von Hunden, Katzen, Kaninchen, Kälbern und Fröschen, ohne dass ich bezüglich der platten Zellen einen wesentlichen Unterschied aufzufinden im Stande gewesen wäre. Ich kann demnach nicht die Hornhautzellen gewisser Thiere identificiren mit den gewöhnlich so genannten vielstrahligen Hornhautkörperchen. wie dies von *Hoyer* geschieht. Beide, Zellplatten und vielstrahlige Körperchen, bestehen neben einander, aber nicht so, dass beide gesondert



vorhanden sind, sondern überall sind Platten und strahlige Massen um dieselben Kerne gruppirt und es kommt nur auf die näheren Umstände an, unter denen die Untersuchung vorgenommen wird, ob man die durchsichtig glasartige Platte (Fig. 6, *a* u. *b*) oder die glänzend oder granulös erscheinenden strahligen Körperchen (Fig. 20) oder beide zugleich (Fig. 6, *c*) sichtbar machen kann. Letzteres gelang mir durch Kochen der Hornhaut in Alkohol mit Salzsäure nach der *Ludwig*'schen Vorschrift.

Die vielstrahligen Hornhautkörperchen sind bekanntlich verschiedenartigen Veränderungen unterworfen, wie dies ausführlicher besprochen werden wird. Von dem Aneinandergeknüpftsein einer constanten und einer variabelen Grösse könnte man folgende zwei Annahmen machen 1. Das Protoplasma der Zellen hat sich nur zum Theil in eine elastische Platte umgewandelt, zum anderen Theil besteht es fort als eine weiche, veränderliche Substanz, wie es z. B. für die serösen Deckzellen von *Rindfleisch* und *Münch* behauptet worden.[1]) 2. Es liegt keine Berechtigung vor die weiche veränderliche Masse als Protoplasma zu bezeichnen, vielmehr handelt es sich um eine amorphe Eiweisssubstanz (Kittsubstanz), welche besonders unter den Zellplatten abgelagert, beim Wechsel der Beschaffenheit ihrer eigenen Masse und beim Wechsel in den Quellungszuständen der fibrillären Substanz Verschiedenheiten im Aussehen und Vertheilung darbietet. Ich muss mich für letzteres entscheiden. Zu Gunsten der ersten Annahme spricht keine hinlänglich sicher gestellte Analogie, während für die zweite eine Reihe von beachtenswerthen Gründen geltend gemacht werden können. Von ihnen handelt der nächstfolgende Abschnitt ausführlicher.

Soviel über die Zellen des Hornhautgewebes. — Obgleich ihr Verhältniss zu den Spalten durch das Angeführte hinlänglich klar gestellt sein sollte, will ich doch noch einmal darauf hinweisen, dass die Platten nicht die Lücken im Ganzen auskleiden, dass durch ihre Aneinanderlagerung keine Röhren entstehen, wie etwa bei den Capillaren, sondern dass sie stets nur eine einseitige Bekleidung bilden. Man darf auch das obwaltende Verhältniss nicht dadurch zu bezeichnen versuchen,

---

1) *Rindfleisch*, Lehrbuch der pathol. Gewebelehre. Leipzig 1867. S. 202.

dass man sagt, »in den Spalten der Hornhautgrundsubstanz liegen platte Zellen«, weil damit nicht ausgedrückt, dass die eine Fläche der Zelle immer frei, die andere immer der fibrillären Substanz aufgeheftet ist. Ich mache in dieser Beziehung noch auf folgende Beobachtung aufmerksam. Vergewissert man sich von der Lage der Zellen an Querschnitten von Hornhäuten, deren Spalten geöffnet, so findet man die Zellen fast ausnahmslos nach ein und derselben Seite gerichtet, und zwar, wie ich wenigstens für die mittleren Partien mit Bestimmtheit behaupten kann, nach derjenigen Seite, welche der *Descemet*'schen Membran zugewendet ist (Fig. 4). Sicher ist die Regelmässigkeit der Lagerung mit der Annahme einer mehr zufälligen Spaltbildung nicht in Einklang zu bringen.

Ein richtiges Verständniss für dies bemerkenswerthe Verhalten wird uns, glaube ich, solange fehlen, bis uns die entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge genauer bekannt geworden sind, bis für die Cornea im Besonderen festgestellt worden, in welcher Beziehung die Grundsubstanz zu den Bildungszellen steht, und welche Veränderungen letztere beim Entstehen der ersteren erleiden. Unter Berücksichtigung der bisherigen Angaben über embryonale Hornhäute und unter Hinblick auf das, was *Rollet* über die Entwicklung des Netzes gezeigt hat,[1]) habe ich mir vorläufig folgende Vorstellung gebildet. Die von vornherein schichtweis angeordneten verzweigten embryonalen Zellen der Hornhaut scheiden einseitig eine Substanz zwischen sich ab, in der durch nachträgliche Veränderung die Fibrillen entstehen. Da, wo die ausgeschiedenen Massen sich zwischen den Ausläufern der Zellen berühren, werden sie mit einander verschmelzen. Die Zellen selbst, durch Zunahme der Abscheidung auseinander gedrängt, werden nur mit den von ihnen direct gebildeten Schichten in Verbindung bleiben, während ihre andere Fläche in Folge einer Verdichtung der Substanz zur Verklebung ungeeignet wird und dadurch zur Entstehung der Spalten Veranlassung giebt.

Eine wichtige Frage bleibt noch zur Beantwortung übrig. Wohin öffnet sich das Spaltsystem der Hornhaut? Steht es mit dem Lymphgefässsysteme im Zusammenhang oder nicht? — Wie wenig ich auch diesen Zusammenhang zu bezweifeln

1) *Rollet*, *Stricker's* Handbuch d. Gewebelehre. 1. Lief. 1868. S. 61.

geneigt bin, so muss ich doch eingestehen, dass mir der directe Nachweis bis jetzt noch nicht gelungen ist. In die Lymphgefässe der Conjunctiva sah ich die injicirten Massen nicht abfliessen. Es ist leicht dieselben in allen Schichten bis an die Sclerotica heranzutreiben; sie gelangt in die Nähe von Kanälen, welche nach den Untersuchungen von *Schwalbe* dem Lymphsysteme angehören,[1] aber in sie hinein dringt sie nicht. Vielleicht werden fortgesetzte Injectionsversuche mit anderen Massen, als bisher verwendet, bessere Resultate ergeben. Anwendung von Silberlösung macht es auch nur wahrscheinlich, dass das Spaltsystem der Hornhaut in Gänge der Sclerotica übergehen, welche mit kleineren Zellen ausgekleidet sind. Die vorhandenen Angaben über Lymphgefässe am Hornhautrande dürften zu unbestimmt sein, um weitere Verwendung finden zu können.

Noch bliebe ein Ausweg für den Inhalt der Hornhautspalten übrig in den Kanälen, welche die Nerven beherbergen, da diese nach den bestimmten Behauptungen von *v. Recklinghausen* und *W. Kühne* mit den »Saftkanälchen« in offener Communication stehen sollen. Wie berechtigt auch diese Behauptung erscheinen mag, wenn man seinen Beobachtungen die anscheinend ganz klaren Silberbilder zu Grunde legt, so muss ich ihnen doch die ebenso bestimmte Beobachtung entgegenhalten, dass an injicirten Präparaten sich Nervenkanäle und Spalten ohne Zusammenhang erweisen, wenigstens im Inneren der Hornhaut, und dass demnach die Nervenscheiden schwerlich als ausführende Lymphbahnen angesehen werden dürfen.

Während die Nervenstämmchen in besonderen Kanälen verlaufen, liegen die einzelnen Fasern nach der weiteren Vertheilung in den interfibrillären Räumen, also ausserhalb des injicirbaren Spaltsystemes; sie liegen eben da, wo auch die strahligen Körperchen sich vorfinden, normaler Weise also umgeben von der interfibrillären Kittsubstanz, welche bei ihren Veränderungen den Anschein hervorrufen kann, als ob die frei auslaufenden Nervenfäserchen unmittelbar in die strahligen Hornhautkörperchen übergingen, wenigstens glaube ich so die Angaben *W. Kühne's*[2] über die Beziehung der Nerven zu den

---

1) *Schwalbe, G.*, Arch. für mikroskop. Anatomie. Bd. 6, S. 1.
2) *Kühne, W*, Untersuchungen über das Protoplasma. Leipzig 1864.

vielstrahligen Hornhautkörperchen deuten zu dürfen, ohne die Genauigkeit derselben direct zu bezweifeln. Es liegt ausserhalb des Planes dieser Arbeit hierauf sowohl, wie auf das Verhalten der Nerven im Hornhautgewebe näher einzugehen. Vorläufig erlaube ich mir nur noch mitzutheilen, dass in den Plexus der Nervenfibrillen Ganglien oder ganglienartige Gebilde vorkommen, theils in den Knotenpuncten, theils den Verlauf eines einzelnen Stämmchens unterbrechend, am ehesten zu vergleichen den Ganglienknoten in dem Nervenplexus des Darmes. Einzelne, isolirbare gewöhnliche Ganglienzellen lassen sich allerdings in der Hornhaut nicht deutlich erkennen, indessen wüsste ich nicht, wie man Bildungen, von den Fig. 11 ein Beispiel giebt, in Kürze anders bezeichnen soll, als dass man sagt, in dem Knotenpunct des Nervenplexus ist ein ganglienartiges Gebilde eingelagert.

Ueber die wandernden Zellen in der Hornhaut, insbesondere über die Bahnen, in denen sie sich fortbewegen, machten sich bisher zwei Annahmen geltend, die jedoch schliesslich auf dasselbe hinauslaufen. Einmal liess man die Lymphkörperchen wandern in einem Kanalsysteme mit engen und weiten Stellen, ausgefüllt mit den weichen vielstrahligen Zellen (*v. Recklinghausen*), das andere Mal sollten sie sich ihren Weg zwischen den Fibrillen hindurch suchen müssen (*Engelmann*). Da aber ein an das Vorkommen der strahligen Körperchen geknüpftes eigenwandiges Kanalsystem nicht existirt, da die strahligen Körperchen in den interfibrillären Zwischenräumen liegen, so kann ein wirklicher Unterschied zwischen den zwei Annahmen nicht gefunden werden. Beiden gegenüber verweise ich auf das Vorhandensein eines glattwandigen, verhältnissmässig weiten, durch keine Zelleinlagerung verengten Spalt- oder Kanalsystems, in dem selbstverständlich die Bedingungen für die eigenartigen Bewegungen der zarten Gebilde sich bei weitem günstiger gestalten.

Ein weiteres Vorgehen in dieser Richtung würde mich auf das Gebiet der pathologischen Histologie hinüberführen. Ich beabsichtige nicht, dasselbe zu betreten, da die Lehre von der Entzündung der Hornhaut anderweitig zum Austrag gebracht werden wird, sondern will nur bemerken, dass die von mir mitgetheilten Beobachtungen in einer ganz bestimmten Richtung einen Einfluss ausüben müssen. Der Behauptung *Cohnheim's*,

dass es sich bei der Entzündung der Hornhaut an erster Stelle einzig um eine Einwanderung von Eiter- resp. Lymphkörperchen handelt, stehen alle diejenigen entgegen, welche die auftretenden kleinzelligen Elemente aus einer Theilung der Hornhautzellen selbst hervorgehen lassen. Für sie ist in allen Fällen der Nachweis unerlässlich, dass die zu beobachtenden Veränderungen auch wirklich im Innern der Zellplatten vor sich gehen; denn es ist in die Augen fallend, wie man bisher alles, was man in den Hornhautspalten vorgefunden, in das Innere der Zellen selbst verlegt hat, während doch das, was den Zellen wirklich angehört und was ihnen nur anliegt, wohl zu trennen ist.[1])

Unter dieser Voraussetzung lassen sich, wie bereits erwähnt, die Angaben von *His* und anderen Beobachtern zum Theil ohne weiteres verwerthen. Es schwindet der Widerspruch in dem meine Beobachtungen mit den Erfahrungen der Pathologen zu stehen schienen.

Schliesslich will ich es nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass durch das Vorgetragene die Beziehungen des Hornhautgewebes zu dem Bindegewebe im Allgemeinen nur um so innigere werden. Man vergleiche nur die neuesten Untersuchungen von *Ranvier*, dessen Angaben über das Vorkom-

---

1) Im Anschlusse hieran möchte ich noch einer Beobachtung gedenken, aus der *Kölliker* besondere Schlüsse ziehen zu können glaubt. Es heisst S. 657 der 5. Aufl. seines Handbuches: »Eine 4% Lösung von phosphorsaurem Natron bewirkt nach *v. Recklinghausen* ein Zurückziehen der Ausläufer der Hornhautzellen. Macerirt man nun eine solche Hornhaut in Schwefelsäure, so isolirt sich dasselbe Netzwerk, wie in einer frischen Hornhaut, aber in den breiten Knotenpuncten liegt das scharfumschriebene Hornhautkörperchen, während die übrigen Theile des Netzes blass erscheinen.« »Was liegt näher, frägt *K.*, als hier an ähnliche Verhältnisse zu denken, wie bei den Knorpel- und Knochenkapseln, bei denen der Inhalt oder Protoblast auch von der umschliessenden Wand sich zurückziehen kann.« Näher liegt, erwiedere ich jetzt, die Erklärung, dass durch die Maceration die Zellplatten isolirt wurden und mit ihnen die anliegenden rundlichen Körperchen, da deren Substanz in der Säure auch unlöslich. Es ist demnach ganz derselbe Fall, wie in unserer Fig. 6, *c*, nur dass hier die mit der Zellplatte gleichzeitig zur Beobachtung kommende Masse eine strahlige Form besitzt, während in dem *Kölliker*'schen Falle die Ausläufer unter dem Einflusse des phosphors. Natron verschwunden. Gerade durch ihn wird bewiesen, dass die Gestalt der strahligen Körperchen unabhängig ist von der Gestalt der eigentlichen Hornhautzellen.

men reihenweis geordneter, platter kernhaltiger Zellen in den Sehnen sich der Hauptsache nach leicht bestätigen lassen.[1]) Die Befunde in den Sehnen sind allerdings nicht beweisend für die Hornhäute, aber es ist wichtig zu wissen, dass das Verhalten beider Gewebe in den wesentlichen Puncten einander gleichkommt.

III.

Ich habe es bisher unterlassen von den sogen. *v. Recklinghausen*'schen Saftkanälchen der Hornhaut zu reden, um Alles, was auf sie Bezug hat, im Zusammenhange vorbringen zu können. Man wird aus dem Nachfolgenden leicht ersehen, dass die Behandlung dieser Lehre mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist, weil natürliche und künstliche Bildungen, wahre und falsche Behauptungen oft dicht neben einander herlaufen; und man dürfte es desshalb wohl begreiflich finden, wenn ich ein wenig gründlich zu Werke gehe, selbst auf die Gefahr hin, dass manchem Leser dieser oder jener Beweis überflüssig erscheint — Eine endliche Verständigung ist doch dringend zu wünschen.

Die mikroskopischen Bilder, welche bei Application der Lösungen von *Argent. nitric.* auf Hornhäute entstehen, sind zu bekannt, als dass sie besonders beschrieben zu werden brauchten. Ich behandle zuerst ausschliesslich die negativen Silberbilder (Leber) Fig. 16, 17, 18, und werfe sogleich die Frage auf: Inwieweit passt die früher von mir gegebene und in der Einleitung zu dieser Arbeit wiederholte Erklärung der Silberbilder auf die Hornhaut? Obwohl es nämlich auf der einen Seite feststeht, dass auch hier Saftkanalbilder entstehen können zwischen dem Epithele und der Grundhaut der *Descemet*'schen Membran und dass es trotzdem Niemandem einfallen wird, dieser Haut ein Saftkanalsystem anzudichten, so ist es auf der anderen Seite ebenso unzweifelhaft, dass dieselben, oder, vorsichtiger ausgedrückt, ähnliche Bilder auch in den verschiedenen Schichten des eigent-

1) Ranvier, Archives de Physiologie normale et pathologique. Tome II. p. 471

lichen Hornhautgewebes wiederkehren. Sind also hier die Bedingungen des Entstehens die gleichen, wie zwischen Epithel und Grundhaut oder nicht?

Um auf diese Frage Antwort geben zu können, müssen wir vor allen Dingen die Veränderungen genauer kennen lernen, welche speciell im Gewebe der Hornhaut bei der Silberbehandlung vor sich gehen. Die bisherigen Angaben hierüber lauteten einfach folgendermaassen: Das am Licht braun werdende Silber wird einzig und allein in der Grundsubstanz abgesetzt; wo also innerhalb derselben Höhlungen vorhanden sind, werden weisse Lücken sichtbar werden, die uns die natürliche Form der Höhlen genau wiedergeben. Diese einfache und desshalb einleuchtende Erklärung findet scheinbar volle Bestätigung durch die Beobachtungen, welche in neuerer Zeit *Leber* »über einige anderweitige Imprägnationsmethoden der Hornhäute« bekannt gemacht hat.[1] Durch wechselweise Behandlung der Häute mit Metallsalzen, welche zusammen verschieden gefärbte Niederschläge geben, vermochte *Leber* mikroskopische Präparate zu erzeugen, welche denen nach Silberbehandlung vollkommen gleichen. Besonders schön treten die gewünschten Bilder hervor bei Anwendung von schwefels. Eisenoxydul und Ferridcyankalium, sowie von schwefels. Kupferoxydammoniak und Ferrocyankalium; andere Metallverbindungen erwiesen sich weniger brauchbar und noch andere ergaben nur diffuse Färbungen der Hornhautsubstanz.[2]

Mit den angegebenen Hülfsmitteln kann man in der That sehr schöne Saftkanälchen erzeugen, ohne dass die Lösungen der verwendbaren Substanzen eine Coagulation von Eiweissstoffen bewirken. Es müsste demnach meine Erklärung von der Entstehung der Silberbilder hier vollständig hinfällig erscheinen, wenn nicht leicht nachgewiesen werden könnte, dass es sich bei den *Leber*'schen Präparationen doch nicht um einfache Niederschläge handelt. Sämmtliche Substanzen, welche in ihrer Vereinigung zur Darstellung der Bilder brauchbar, haben eine wichtige Eigenthümlichkeit gemeinsam. Es bilden sich an den Puncten, wo die Lösungen mit einander in Berüh-

1) Arch. für Ophthalmol. Bd. XIV, S. 300.

2) In Bezug auf die Einzelheiten der Methoden vergleiche man die Abhandlung *Leber's* direct.



rung treten, Membranen von grösserer oder geringerer Festigkeit, Membranen, welche den durch Silber erzeugten Eiweisshäutchen nicht nachstehen, welche erst ungefärbt oder gleichmässig gefärbt, weiterhin durch körnigen Niederschlag verdickt werden.

M. Traube, welcher diese Erscheinungen eingehender schildert, nennt solche Stoffe Membranbilder und erforschte die Bedingungen für das Entstehen der Niederschlagsmembranen je nach Wahl der Stoffe, Concentration der Lösungen etc.[1] Von den zahlreichen Beispielen, welche *Traube* beibringt, können einzelne direct auf unseren speciellen Fall übertragen werden; auch *Leber* hat gefunden, dass es bei seinen Imprägnationsmethoden auf analoge Umstände ankommt, z. B. auf die Auswahl der Substanzen, welche zusammen einen Niederschlag von Berlinerblau geben und besonders auf die Concentration der Lösungen in ihrem gegenseitigen Verhältniss. Ich habe nach verschiedenen Richtungen hin die Versuche wiederholt und mit der Darstellung der Niederschlagsmembranen eine mikroskopische Betrachtung derselben verbunden. Von den vielen Einzelfällen, welche die mannichfache Gestaltung der Häutchen erläutern können, sei nur der eine angeführt, weil er zeigt, wie in einer frei auf dem Objectglas gebildeten Membran grössere und kleinere, zum Theil sternförmige Lücken entstehen, welche von einem harmlosen Beobachter ganz gut als »Saftkanälchen« angesprochen werden könnten. Blutlaugensalz in 5proc. Lösung wird in dünner Schicht auf einem Objectglas ausgebreitet und vorsichtig in Berührung gebracht mit essigs. Kupferoxyd von 1proc., indem man diese Lösung aus einer ausgezogenen Glasröhre langsam ausströmen lässt, um heftigere Bewegungen zu vermeiden. Das Häutchen muss äusserst fein und nur leicht gefärbt sein, ohne körnigen Niederschlag. Alsdann ist es fest genug, um es sogar abzuspühlen und mit einem Deckglase zu bedecken.

Ich bin weit davon entfernt, durch das vorgeführte Beispiel die Frage nach dem Lückensysteme in den *v. Recklinghausen-Leber*'schen Silber-, Eisen- und Kupferbildern als einfach gelöst anzusehen, da unmöglich die freien Niederschlagsmembranen den Bildungen im Innern der Hornhaut gleich

[1]) *Traube, M.*, Arch. für Anat. u. Physiol. 1867. S. 87.

gesetzt werden können, trotzdem es leicht ersichtlich, dass die Bedingungen für das Entstehen von Niederschlagsmembranen in der Hornhaut besonders günstig sind, weil die auf einander wirkenden Substanzen stets in ungestörte flächenhafte Berührung kommen. Mir kam es bei dieser Besprechung nur darauf an, zu zeigen, dass es sich in den *Leber*'schen Versuchen nicht um einfache Absetzung eines feinkörnigen Niederschlages handelt, sondern dass eine eigenthümliche Gruppirung der Moleküle zur Geltung kommt, die wir als Verdichtung oder Coagulation bezeichnen.

Hierfür noch folgende Beobachtungen. Nach Erzeugung blauer Saftkanalbilder kann man mit Hülfe dünner Säuren die *Descemet*'sche Membran vollkommen glatt ablösen und wird auch dann an ihr sternförmige farblose Lücken wahrnehmen. Bei der Versilberung treten gleiche Figuren bisweilen deutlich unter dem *Descemet*'schen Epithele hervor, während für gewöhnlich in der dünneren subepithelialen Schicht durch die Silberlösung feinere dendritische Figuren oder mehr regelmässige Sterne hervorgerufen werden, wenn man das Epithel zuvörderst mit Pinsel ablöste. Lässt man nun Hornhäute vom Frosche in einer alkalischen Lösung von schwefels. Kupferoxydammoniak liegen, so fliesst die Kittschicht unter dem Epithele mitunter zu einzelnen grösseren oder kleineren Tropfen zusammen. Dieselben verändern sich beim Aufbringen der zweiten Salzlösung (Ferrocyankalium oder Schwefelammonium) derart, dass in den grösseren von ihnen strahlige Vacuolen in schönster Ausbildung sichtbar werden, von denen aus alle möglichen Uebergänge zu einfachen Lücken in kleineren Tropfen vorhanden sind. Die Beobachtungen beweisen 1stens, dass in einer amorphen Substanz durch Verdichtung sternförmige Hohlräume entstehen können, und 2tens dass sich in dieser Hinsicht die metallischen Membranbildner zu einander ebenso verhalten, wie Silber zu Eiweiss.[1])

---

1) Dies zur besonderen Berücksichtigung für Herrn Dr. *Gerlach* in Greifswald, welcher im Centralbl. für d. med. Wissensch. 1869. Nr. 44 die Angaben von *Hüter* über Synovialmembranen aufrecht halten zu können meint, weil es ihm gelungen mit essigs. Bleioxyd u. Schwefelwasserstoffwasser dieselben mikroskop. Bilder zu erhalten wie mit Silber. Genannte Blei- u. Schwefelverbindung sind in dünnen Lösungen exquisite Membranbildner.



Ich habe im Vorhergehenden mehrfach von der Verbindung von Silber und Eiweiss als Bedingung für die Saftkanalbilder auch in der Hornhaut geredet. Wie aber, wenn die von *His* ausgesprochene [1]) und von *Leber* wieder aufgenommene Ansicht begründet, dass es sich in der Cornea gar nicht um Silberalbuminate, sondern um Niederschläge von Chlorsilber handelt? Chlor und Silber geben zusammen keine Niederschlagsmembranen.

Bezüglich der Beweisführung von *His* erscheint es zuvörderst nach den neueren Untersuchungen unzweifelhaft, dass von ihm der Eiweissgehalt des Corneagewebes unterschätzt wurde, da ihm das Myosin unbekannt. Derselbe ist nichts weniger als gering. Wenn *His* Gründe für seine Behauptung ferner hernimmt aus dem Verhalten der Niederschläge in der Hornhaut gegen verschiedene Reagentien, so ist ihnen gegenüber ganz im Allgemeinen geltend zu machen, dass die Silberverbindung innerhalb des Hornhautgewebes nicht ohne Weiteres mit freien Niederschlägen verglichen werden dürfe, weil die Coagulationshäutchen interessanterweise andere Reactionen geben, als die entsprechenden einfachen Niederschläge. So wird den Angaben nach Silberalbumin durch Essigsäure, Kochsalz und Salzsäure gelöst. Das gilt jedoch nur für den frisch bereiteten Niederschlag; lässt man denselben eine Zeit lang (auch im Dunkeln) stehen, so hört die Löslichkeit auf. Gleicherweise sind auch die feinen, durch Silberlösung in Eiweiss erzeugten Coagulationsmembranen in Essigsäure u. s. w. unlöslich. Die körnigen Trübungen, welche den Membranen in wechselndem Grade anhaften, verschwinden, das Häutchen selbst bleibt erhalten, bräunt sich aber nicht mehr am Lichte. Es kommt also auch hier wie in anderen Fällen beim Eiweiss wesentlich auf die molekulare Form des Niederschlages an, wesshalb die Löslichkeitsverhältnisse nicht ohne Weiteres zur Beurtheilung der Natur der Silberniederschläge in der Hornhaut verwendet werden dürfen, wie dies *His* gethan.

Auch das Verhalten des salpeters. Quecksilberoxyd bei versilberten Hornhäuten kann, wie wir noch sehen werden, anders erklärt werden, als es von *His* geschehen. Es spricht nicht unbedingt gegen die Eiweissnatur des Hornhaut-Silber-

1) *His*, Schweiz. Zeitschr. für Heilkunde. 2. Bd., S. 1.

niederschlages, zumal da dieselbe von anderer Seite her vollkommen sicher gestellt werden kann. Wir berücksichtigen die Färbung des Niederschlages, sein Verhalten gegen unterschwefligs. Natron gegen chroms. Salze und vor allen gegen Kochsalz. — In ersterer Beziehung ist die braune Farbe charakteristisch, welche das Silberalbumin (auch in der Hornhaut) unter der Einwirkung des Lichtes annimmt, während Chlorsilber und selbst die Doppel-Verbindung Chlor-Albumin-Silber unter denselben Verhältnissen sich stets grau oder schwarz färbt. Weiterhin wird reducirtes Chlorsilber bekanntlich von unterschwefligs. Natron nicht verändert, reducirtes Silberalbumin dagegen wird durch dieselbe Substanz vollständig entfärbt, ohne dass eine Lösung eintritt, geradeso wie in der Hornhaut nach Versilberung und Lichtwirkung durch unterschwefligs. Natron nicht die ganze Zeichnung, sondern nur die Farbe des Silberbildes schwindet. Chroms. Salze zersetzen Chlorsilber nicht, wohl aber Silberalbumin und gleichzeitig den Niederschlag in der Hornhaut nach der Silberwirkung. In Kochsalz löst sich Chlorsilber nur schwer, Silberalbumin leicht. Die Lösung des ersteren verändert sich am Lichte nicht, die des letzteren bräunt sich. Bringt man versilberte Hornhaut alsogleich in stärkere Kochsalzlösung und setzt sie unter dem Deckgläschen dem Lichte aus, so bräunt sich die Substanz diffus, besonders die Kerne, sodass man auf diesem Wege eine Kernimbibition erzielen kann. Wird Kochsalz in geringeren Quantitäten dem Silberalbumin zugesetzt, so wird dasselbe zwar nicht gelöst, aber in einer Weise zerlegt, die unser volles Interesse beansprucht. Man wäscht den in Eiweisslösungen erzeugten Silberniederschlag rein aus, setzt die etwa 10fache Menge einer 1proc. Kochsalzlösung hinzu und erhält eine Verbindung des Chlors mit Silber, welche sich am Lichte schwärzt, während ein Eiweisskörper, frei von Silber, in Lösung übergeht und als solcher durch die bekannten Mittel nachgewiesen werden kann. Während Silberalbumin in destillirtem Wasser ausser der Farbenveränderung keine Umsetzung erleidet, wird es durch Kochsalz in der angegebenen Weise gespalten; in dünner Salzsäure quillt es, wird unter Umständen fast gallertartig und bildet schliesslich eine feinvertheilte mit Chlorsilberkörnchen vermischte durch Filtriren nicht mehr abscheidbare Substanz.

Das Freiwerden der Eiweisssubstanz und das Aufquellen und Erweichtwerden des Silberniederschlages ist für uns desshalb von besonderer Wichtigkeit, weil dieselbe Zerlegung eintritt, wenn man versilberte Hornhäute mit dünner Kochsalzlösung oder Salzsäure behandelt, wenn man aus den sogen. negativen Silberbildern die positiven erzeugt, bei denen ein am Lichte sich schwärzender feinkörniger Niederschlag in sternförmigen Figuren der Grundsubstanz eingelagert erscheint. (Siehe hierüber noch später.)

Unter der Annahme, dass der Hornhautniederschlag Chlorsilber, kann man, wie aus den Angaben von *His* selbst folgt, die Umwandlung der negativen in die positiven Silberbilder nicht erklären.

Wo liegen nun im Hornhautgewebe die am Lichte gebräunten Silberalbuminate? — Besteht zwischen dem zellführenden Kanalsysteme im Sinne *v. Recklinghausen's* und der fibrillären Grundsubstanz ein unmittelbares Abhängigkeitsverhältniss?

Dass in dieser Beziehung nicht Alles so selbstverständlich, kann daraus ersehen werden, dass schon *Leber* neben der älteren Erklärung eine anderweitige Möglichkeit zulässt. Er sagt l. c. p. 315: »Wenn nämlich die Hornhaut aus übereinander liegenden Schichten feiner Fasern besteht, zwischen denen die Netze der Hornhautkörperchen liegen, so kann, wenn die Körperchen durch das Reagens geschrumpft sind, die Begrenzung der Lücken durch die Kittsubstanz gebildet werden, welche die Lamellen unter einander verbindet, aber natürlicher Weise in der Ausdehnung der Lücken fehlt.« Grundsubstanz und gefärbte Substanz hätten also direct nichts mit einander zu thun. Leider sind jedoch in der Cornea keine gesonderten, nur durch Kittsubstanz vereinigte Lamellen vorhanden, und ausserdem belehren uns Querschnitte versilberter Häute, dass wirklich die Grundsubstanz *in toto* gefärbt wird, dass es also mit anderen Worten die gesammten interfibrillären Eiweissmassen sind, welche mit dem Silbersalz in Verbindung treten. Will man das Silber tiefer in das Gewebe eindringen lassen, so ist es bei dickeren Häuten (Hund) nöthig stärkere Lösungen von etwa 1 proc. anzuwenden. Legt man die Cornea nach der Versilberung noch kurze Zeit in Alkohol, dann ermöglicht ihre Consistenz selbst feine und scharfe Querschnitte. An ihnen bemerkt man im braunen Grunde auch helle Stellen, welche jedoch nicht

zwischen den Lamellen sondern in ihnen selbst liegen und dieselben der ganzen Dicke nach durchsetzen. Es handelt sich nicht um wirkliche Lücken, denn die fibrillären Schichten ziehen gleichmässig durch sie hindurch und die parallele Streifung der Lamellen ist in nichts an die braungefärbte Substanz gebunden. Letztere fehlt also einfach an circumscripten Stellen. Man könnte hierbei an Faltungen der Lamellen denken, oder wahrscheinlicher an ein Ausweichen der zwischen den Fibrillen verschiebbaren Eiweissmassen bei der durch das Silber bewirkten Verdichtung; mag man aber eine Erklärung belieben, welche man will, das eine ist unbestreitbar, dass farblose Stellen in der versilberten Hornhaut nicht ohne Weiteres das Recht beanspruchen können, für präformirte Lücken im Gewebe angesehen zu werden.

Uebrigens lehrt in dieser Beziehung eine aufmerksame Flächenbetrachtung der Silberbilder selbst schon Genügendes, besonders wenn man sich zur Prüfung Präparate auswählt, in denen bei Anwendung recht schwacher Lösungen (1 : 1000) ganz dünne Silberschichten gewonnen werden. Fig. 18, Taf. II ist genau copirt. Das braune Lager, die vermeintliche Grundsubstanz erscheint durchaus ungleichmässig, indem sie zahlreiche grössere und kleinere runde oder längliche Lücken enthält in mannichfachen Uebergängen zu den Spalten, welche als Ausläufer der grösseren Vacuolen auftreten. Wer will wohl in einem solchen Falle angeben, wo das Constante in der Bildung aufhört und wo das Zufällige anfängt? Und nun gar erst Fig. 17. Bei ihrem Anblicke muss sich doch jeder Unbefangene sagen, dass eine fibrilläre Grundsubstanz mit paralleler Faserrichtung so nicht geformt, dass demnach von einem vorgebildeten Kanalsysteme gleichfalls nicht Rede sein kann.

Lassen wir für jetzt die offenbaren Widersprüche, welche uns so eben entgegengetreten, und wenden uns anderen kritischen Betrachtungen zu. Man hat sich mehrfach der Annahme hingegeben, dass das Vorhandensein der vielstrahligen Hornhautkörperchen jeden Zweifler geradezu zwinge, die Silberbilder als Ausdruck einer naturgemässen Formung der Hornhautsubstanz anzusehen. — Wenn es nur jemals gelingen wollte die fraglichen Zellen im Innern der Silberlücken aufzufinden. Es ist nicht gelungen und wird nicht gelingen. Allen Ausflüchten gegenüber stelle ich diese Thatsache als unbestreit-

bar hin. Mit allen Hülfsmitteln, Essigsäure, Carmin, Haematoxylin, Goldchlorid, Jodtinctur u. s. w., kann man zumeist nur einen Kern sichtbar machen, höchstens noch die Spuren einer krümlichen Masse, deren Vorhandensein gewiss bedeutungslos ist. Denn dass die Vacuolen in den Silberschichten nicht leer sind, ist klar und ebenso klar, dass in dem Inhalt unter Umständen z. B. durch Jodtinctur (*Leber*) ein Niederschlag erzeugt werden kann, aber — ein krümlicher Niederschlag ist doch noch kein Zellkörper. Ein ausgebildetes strahliges Körperchen in einer Silberlücke zu demonstriren, das ist die Aufgabe.

Das Missverhältniss zwischen dem, was man erwarten sollte und dem, was man findet, ist auch mehrfach anerkannt, wenigstens hat man verschiedentlich nach einer allenfalls ausreichenden Erklärung gesucht. Ich will die zum Theil sogar sonderbaren Gründe für das Freibleiben der Hornhautkörperchen bei der Durchtränkung der ganzen Haut mit den Metallsalzen, nicht einzeln durchgehen, denn das Wunderbare liegt hierbei nicht sowohl darin, dass die Zellen sich von der Wirkung der Metalle frei halten, als vielmehr darin, dass sie auch für nachfolgende Bemühungen verschwunden sind. In den Silber-, Kupfer- und Eisenbildern sind die Zellen spurlos geworden, trotz der Verschiedenheit der Stoffe, welche zur Darstellung derselben verwendet. Es bleibt scheinbar nichts weiter übrig, als anzunehmen, dass die Silberlösungen (auch die stärksten) in diesem Falle nicht nur ihre coagulirende Kraft einbüssen, sondern sogar eine Lösung der fraglichen Zellsubstanz bewirken! Das soeben Besprochene ist von grosser Wichtigkeit für die Frage nach der Zellnatur der strahligen Hornhautkörperchen überhaupt. Ohne der weiteren Erörterung vorzugreifen, will ich desshalb hier nur noch den Satz aussprechen: Die Lücken in der versilberten Hornhaut erscheinen weiss, weil sie leer sind, d. h. weil sie keine Zellen einschliessen.

In welchen Beziehungen stehen die injicirbaren Hornhautspalten zu den Silberlücken? Da beider Formen sich nur auf das Gröblichste entsprechen (vergl. Fig. 14 u. 20), so suchte man ein Aushülfemittel in der »Dilatirbarkeit« der bei der Versilberung sichtbar werdenden Kanälchen, ohne dieselbe durch etwas Anderes, als durch die einfache Annahme zu beweisen. Ich kenne wenigstens keine andere Schlussfolgerung, von der man sich leiten liess als folgende: Die mit Injectionsmasse

gefüllten Räume entsprechen den durch Silberlösung hervorgerufenen, weil die letzteren mit sammt ihren feinen Ausläufern dilatirbar sind; denn dilatirbar müssen sie sein, weil die injicirten Präparate sonst mit den versilberten nicht in Uebereinstimmung gebracht werden können. Man bedenke doch nur die Complication der Erweiterungsvorgänge, wenn nach der Annahme *v. Recklinghausen's* aus den vielstrahligen Saftkanälchen die einfach röhrenförmigen Corneal-Tubes hervorgehen sollen. Bereits wurde zudem hervorgehoben, dass an Silberbildern der Zusammenhang zwischen Saftkanälchen und Nervenkanälen ebenso deutlich erscheint, als das Abgeschlossensein letzterer bei reinlichen Injectionspräparaten unzweifelhaft ist. Dieses spricht also direct gegen eine Identität der Silberlücken mit den injicirbaren Spalten.

Im Anschlusse hieran dürfte noch die Bemerkung gestattet sein, dass wir bei den Injectionen gleichfalls über den Verbleib der strahligen Körperchen im Unklaren gelassen werden. Färbeversuche nach der Injection lassen (siehe früher) wiederum nur Kerne hervortreten bei Oelinjectionen der frischen Hornhaut in gleicher Weise, wie bei körnigen Injectionen der erhärteten Hornhaut. Würden die vielstrahligen Körperchen die Kanäle ausfüllen, so müssten dieselben unbedingt zusammengeballt, oder wenigstens an die eine Wand angedrückt werden. Der Umstand, dass dies nicht der Fall, deutet darauf hin, dass die Voraussetzungen falsche.

Ueber die strahligen Hornhautkörperchen, von denen wir soeben einige bemerkenswerthe Eigenschaften kennen gelernt, habe ich meine Ansichten im Allgemeinen schon im vorhergehenden Abschnitte dieser Arbeit ausgesprochen. Als die zelligen Elemente der Hornhaut hatte ich klare kernhaltige Platten beschrieben, von mehr elastischer Beschaffenheit der Substanz (Fig. 6), welche zwar einzelne Fortsätze zur gegenseitigen Verbindung besitzen, aber nicht zu identificiren sind den exquisit strahligen Körperchen (Fig. 20), mit weichem, bewegungsfähigem Protoplasma (?), von welchen — ich möchte es, um Irrungen zu vermeiden, besonders betonen — im Nachfolgenden allein die Rede sein soll. Dabei wird es sich im Wesentlichen um die zwei Puncte handeln, ob die Sternform die naturgemässe Gestalt der Körperchen und ob die Substanz derselben die Eigenschaften des Protoplasma besitzt.

Es ist bekannt, dass in der vorsichtig ausgeschnittenen, ganz frischen Hornhaut die strahligen Körperchen seltener deutlich sichtbar sind, sondern sich erst allmählig von dem klaren, gleichmässigen Grunde abheben. Dies geschieht den Annahmen nach in Folge einer Gerinnung der Substanz, welche durch Erhöhung der Temperatur bis auf 40° C. (für Frösche) wesentlich beschleunigt werden kann.[1] Genannte Eigenschaften, verbunden mit der Löslichkeit in 10 proc. Kochsalzlösung, lässt uns dieselbe in Analogie bringen mit der isotropen Substanz der Muskeln, die von *Kühne* mit dem Namen des Myosins belegt worden ist. Erscheint diese Annahme gerechtfertigt, so kann weiterhin behauptet werden, dass die strahligen Körperchen in ihrer Gesammtmasse bloss aus Myosin bestehen. Dünne Säuren lösen bei anderen Zellen immer wenigstens einen Theil der Leibessubstanz; gerade aus diesen Löslichkeitsverhältnissen hat man mit Recht erschlossen, dass das Protoplasma aus verschiedenen Eiweissstoffen aufgebaut wird. Bei den strahligen Körperchen der Hornhaut tritt durch Säuren eine Gerinnung *in toto* ein, wenigstens lässt sich von einer partiellen Lösung nichts wahrnehmen.[2]

Hierzu kommt (vorsichtig ausgedrückt) die Wahrscheinlichkeit, dass die Substanz der strahligen Körperchen den interfibrillären Massen überhaupt gleichwerthig ist. Ich will auf die gleiche Löslichkeit in Kochsalz keinen besonderen Werth legen, will aber auf die leicht zu constatirenden Angaben einzelner Beobachter hinweisen, dass in der Hornhaut zwischen den gröberen Fibrillenbündeln längere oder kürzere schmale Räume vorhanden sind,[3] welche natürlich mit einer Zwischensubstanz ausgefüllt sein müssen. Gerinnt diese Ausfüllmasse, so zeigen sich im Gesichtsfelde schmale spindelförmige, spiessartige Gebilde, die wohl einem jeden Beobachter aufgefallen sind. Die Substanz derselben zeigt den bekannten matten Glanz und ist mitunter in einzelne reihenweis gestellte Tröpfchen gesondert. Liegen die Spindeln in sich kreuzenden Lagen dicht über einander, so können Formen entstehen, die den strahligen Horn-

1) *Kühne, W.*, Untersuchungen über das Protoplasma.

2) Vergl. *His*, Beiträge etc. S. 47: »Essigsäure ist sonach nicht im Stande Albumin aus dem eigentlichen Hornhautgewebe auszuziehen; ebensowenig thut dies verdünnte Salzsäure.«

3) *Engelmann* u. *Carl Friedr. Müller*. l. c.



hautkörperchen so ähnlich werden, dass *C. F. Müller* sich veranlasst fühlt (speciell für die Cornea der Vögel) ausdrücklich vor einer Verwechslung zu warnen. Das Unterscheidungsmerkmal liegt für ihn im Mangel eines Kernes, da jedoch die Kerne, um welche sich die strahligen Körperchen gruppiren, den Zellplatten eingelagert sind, so muss dieses Kriterium unbedingt an Bedeutung verlieren. Uebrigens sieht *Müller* die isolirt liegenden Spindeln nicht als etwas besonderes an, hält sie vielmehr, wie *W. Kühne*, für abgelöste Ausläufer der strahligen Körperchen, die nach einer Angabe des Letzteren geradezu in Gruppen getrennter (theilweise kernloser) Protoplasmaanhäufungen zerfallen können. Ein anderes Mal vertheilt sich die Substanz der Körperchen in den interfibrillären Spalträumen so, dass ihre Ausläufer unmittelbar ineinanderfliessen und ein die ganze Hornhaut durchziehendes Netzwerk bilden. Von einzelnen Zellen, Zellindividuen, kann dann ebenso wenig die Rede sein, sondern nur von einer in die unter sich zusammenhängenden interfibrillären Spalträume eingèlagerten Substanz, welche keine eigenen Kerne und keinen nachweisbaren organischen Zusammenhang mit den wirklichen, von einander gesonderten, Hornhautzellen besitzt. Bei all' den Abweichungen von dem, was sonst vom Zellleibe bekannt ist, erscheint es geradezu geboten mit Zähigkeit an der Frage festzuhalten: Wer oder was berechtigt uns, die Substanz des strahligen Körperchen Protoplasma zu nennen?, vorausgesetzt, dass überhaupt ein Unterschied zwischen Protoplasma und amorpher Eiweissmasse zugegeben wird.

Ich bin der Ansicht, dass die Angaben *Kühne's* über Bewegungserscheinungen an den strahligen Hornhautkörperchen in dieser Beziehung nicht entscheidend sein können; denn abgesehen davon, dass sie von *Engelmann* direct bestritten worden, scheint mir eine Gleichstellung mit den »spontanen« Bewegungen der amöboïden Zellen nicht statthaft. Nach der Seite hin fällt also gleichfalls eine wichtige Analogie weg. Jedenfalls ist es äusserst schwierig, alle etwaigen passiven Formveränderungen auszuschliessen, bedingt durch Gerinnung, Quellung und Verlagerung der Lamellen nach dem Ausbreiten der gewölbten Hornhaut auf dem platten Objectglase. Müssen doch auch die allgemeinen Spannungsverhältnisse in der aus-

geschnittenen Cornea anders sein, als während der normalen Lage im lebenden Auge.

Deutlicher zu übersehen sind gewisse Veränderungen, welche einerseits die fibrilläre Substanz, anderseits die interfibrillären Massen treffen. Auf ihnen beruhen die Abweichungen in den Beobachtungsresultaten, jenachdem die eine oder die andere Präparationsmethode in Anwendung gezogen wurde. Um sich recht schöne Präparate von den fraglichen Hornhautkörperchen zu verschaffen, soll man nach *Kühne's* Angaben die ausgeschnittenen Häute vom Frosche in einem mit Wasserdampf gesättigten, auf 40° C. erwärmten Raume liegen lassen, bis sich das Epithel getrübt hat und in zusammenhängenden Lagen abgehoben werden kann. Hängt hierbei das Deutlichwerden der Körperchen und das ganze Aussehen der Substanz allein ab von einer Wärmegerinnung, so muss offenbar dasselbe eintreten, wenn man das ganze Auge in Jodserum bringt, das auf gleiche Temperatur erwärmt worden. Es treten jedoch alsdann nur die Kerne deutlich hervor, während die Umhüllungsmassen meist schwach angedeutet, sehr feinkörnig und ohne scharfe Begrenzung erscheinen. Steigert man die Temperatur um einige Grad, so finden sich in der Umgebung der Kerne viele rundliche Lücken, sodass dieselbe wie siebförmig durchbrochen erscheint. Ich möchte aus diesem Verhalten der strahligen Körperchen gegen die Wärme schliessen, dass die bekannte Gestaltung derselben nicht bloss von einer einfachen Gerinnung abhängt, sondern dass noch andere Umstände eine Rolle spielen, z. B. eine Imbibition mit Wasser, da wir übereinstimmenden Angaben gemäss nach dem Verweilen der Hornhäute in der feuchten Kammer die charakteristischsten Bilder erhalten.

Eine Veränderung erleiden die strahligen Körperchen durch die Wärme immerhin, aber eine Veränderung können wir unter gleichen Umständen auch an den interfibrillären Kittmassen nachweisen und zwar durch folgenden Versuch. Bringt man eine soeben ausgeschnittene Hornhaut in stärkere, selbst 4proc. Höllensteinlösung, die auf 40° C. erwärmt worden, so bilden sich Saftkanälchen nur in der alleroberflächlichsten Schicht der inneren Hornhautfläche, indem hier das Silber momentan wirken konnte. In der Tiefe hingegen, auch wenn man die Einwirkungsdauer verlängerte, trifft man auf gar keine am Lichte sich bräunende Massen, sondern nur auf ein mehr oder weniger

dichtes Lager feinster schwarzer Silberkörnchen, ein Zeichen dafür dass unter Einwirkung der gesteigerten Temperatur die Kittsubstanz eine Umsetzung erfahren hat.

Wir wenden uns jetzt zu den Beobachtungen über die Einwirkung verschiedener Reagentien auf die strahligen Körperchen, und können die zu wählenden Mittel leicht in zwei Gruppen bringen, in die der einfach härtenden und in die der quellend wirkenden. Nach Anwendung der ersteren gewahrt man von den strahligen Körperchen fast gar nichts, während die letzteren sie in voller Pracht hervortreten lassen. (Will man Hornhäute härten, so ist es natürlich wiederum zweckmässig, die Augen ganz zu lassen, weil so eine Erhaltung der normalen Lagerungsverhältnisse und eine Fixirung der Körperchen in bestimmten Zuständen am ehesten zu erwarten steht.)

Feine Flächenschnitte einer in Alkohol erhärteten Hornhaut lassen von eigentlich zelligen Elementen nichts erkennen; die Grundsubstanz, gleichmässig glänzend oder fibrillär gestreift, ist von blassen schwer wahrzunehmenden Kernen durchsetzt. Die Färbeversuche mit solchen Schnitten fallen zumeist ungünstig aus, weil der Farbstoff, diffus abgelagert, keinen Nutzen gewährt. Aber selbst, wenn es gelingt den Farbstoff zu concentriren, nimmt man doch in keinem Stadium der Durchtränkung und Aufhellung strahlige Körperchen wahr, wie sehr man dies auch erhoffen dürfte beim Vorhandensein eines von der interfibrillären Substanz verschiedenen Zellprotoplasma mit besonderer Quellungs- und Imbibitionsfähigkeit. Immer werden nur die Kerne deutlicher. Präparate nach der Methode von *Thiersch*,[1]) Schnitte aus Alkohol, behandelt mit einer schwachen alkoholischen Höllensteinlösung, ergaben, abgesehen von der Kernfärbung, gleichfalls negative Resultate.

Ebenso wie Alkohol wirken im Allgemeinen Gerbsäure, Chromsäure, die erwähnte Mischung von Chlorplatin und Chromsäure und endlich die Pikrinsäure, von der besonders gerühmt wird, dass sie auf frische Gewebe angewendet, selbst dicke Schichten schnell durchtränkt und das Zellprotoplasma ohne Schrumpfung fast momentan fest macht.[2])

1) *Thiersch*, Der Epithelialkrebs. Leipzig 1865.

2) Das Verhalten der Pikrinsäure gegen frische thierische Gewebe lernte ich durch Dr. *Ranvier* kennen. Derselbe hat darüber bereits berichtet in den Archives de la physiologie normale et pathologique. Tome I p. 318.

In allen derartigen Präparaten sind die mikroskopischen Bilder, weil ohne distincte Färbung, zumeist blass und wenig prägnant. Die Kerne liegen, von der Fläche gesehen, mitunter in einer Lücke der deutlich fibrillären Substanz,[1]) in ihrer Umgebung mehr oder weniger ausgesprochen eine feinkörnige Masse, regellos dem Kerne anliegend oder von ihm getrennt, nur an einer Seite des Kernes bemerkbar oder denselben ringsumgebend. Die betreffenden Bilder sind im Allgemeinen denen vollkommen analog, welche *W. Kühne* aus einer mit Chromsäure von 0,1 proc. erhärteten Hornhaut vortrefflich wiedergegeben hat, namentlich auf der bei starker Vergrösserung gezeichneten Tafel VIII seiner bereits citirten Abhandlung über das Protoplasma. Je naturgetreuer die Zeichnung, um so mehr drängen sich aber bei genauer Betrachtung Zweifel, ob denn die zarte, körnige Masse in der Umgebung des Kernes wirklich »körnig geronnenes Protoplasma«. Die Körnchen in losen Gruppen neben einander liegend, ohne Verbindung zwischen sich, werden durch keine äussere Begrenzung zusammengehalten. Eine Membran kann man jetzt von einer Zelle nicht mehr verlangen, aber eine Grenzcontur muss dieselbe doch haben, oder soll dieselbe, obwohl es sich um eine coagulirte Zelle handelt, der Contur der fibrillären Substanz überall so innig anliegen, dass bei einer 2400fachen Vergrösserung keine Spur davon zu sehen ist? Ungezwungener ist es desshalb sicherlich, anzunehmen, dass in diesen Fällen eben nur ein leicht körniges Gerinsel in der Umgebung des Kernes abgelagert worden.

Den einfach härtenden Mitteln stehen also gegenüber alle diejenigen, welche eine Quellung bewirken, entweder eine Quellung der interfibrillären Massen, wie die ganz dünnen Chromsäure-Lösungen und die Lösungen von doppeltchroms. Kali, oder aber eine Quellung der Fibrillen selbst, wie der Holzessig, die Essigsäure, Salzsäure u. s. w. Unter letzteren ist wieder besonders die Essigsäure empfehlenswerth in Verbindung mit dem Goldchlorid nach der *Cohnheim*'schen Methode (Fig. 20), ohne oder mit nachfolgender Haematoxylinfärbung. Beachtenswerth sind ausserdem die Veränderungen, welche die Präparate aus Pikrinsäure erleiden, wenn man sie erst in Carminlösung einlegt und dann mit Essigsäure behandelt. Hiernach kann man

---

1) Vergl. die Abbildung in *Henle's* Eingeweidelehre, Fig. 458.

nämlich wieder strahlige Körperchen in schönster Ausbildung zur Wahrnehmung bringen und könnte glauben, die Säure habe die strahligen Körperchen einfach fixirt, wenn dem nicht die Betrachtung der Präparate vor der Färbung entgegen stände. Die starke Imbibitionsfähigkeit der Präparate mit Pikrinsäure zeigt schon an und für sich, dass festere Coagulate der Eiweisskörper nicht vorliegen, da Imbibition und Quellung immer Hand in Hand gehen; zudem kann man sich aber auch durch den directen Versuch überzeugen, dass beliebige durch Pikrinsäure erzeugte Eiweissniederschläge im Wasser wieder aufquellen, vor allen aber bei Gegenwart von Essigsäure so fein vertheilt werden, dass sie sich im Reagenzglase nur sehr schwer zu Boden setzen. Die Wirkung der Essigsäure auf die Fibrillen wird demnach kein Hinderniss erfahren in der vorangegangenen Wirkung der Pikrinsäure auf die strahligen Körperchen und die interfibrillären Massen, sie wird in gleicher Weise zur Geltung kommen können, als ob die Präparate frisch gewesen.

Bei allen diesen Präparationsmethoden darf man die Veränderung der fibrillären Substanz durch die Quellung nicht aus den Augen lassen. Durch die Quellung werden natürlich die interfibrillären Spalträume und mit ihnen die darin liegenden Körperchen zusammengepresst, wesshalb für diese Fälle wohl jeder zugeben kann, dass es sich um gewaltsame Formen handelt. Wir sind überhaupt in Ungewissheit darüber, ob den fraglichen Gebilden eine selbständige Form zukommt oder nicht. Wir kennen ihre normale Gestalt nicht, weil wir bei unseren Untersuchungen die Einflüsse der Imbibition, Quellung und Compression nicht auszuschliessen im Stande sind. Berücksichtigt man jedoch die verschiedenartigen Erfahrungen, welche über die strahligen Hornhautkörperchen vorliegen, im Zusammenhange, so ergiebt sich eine, wie ich glaube genügende Einsicht durch folgende Aufstellung: Eine bei normalen Verhältnissen unter den Zellplatten und zwischen den Fibrillen mehr gleichmässig vertheilte Eiweisssubstanz (Myosin) wird bei einer in der Grundsubstanz stattfindenden Quellung in abgegrenzte Bahnen gedrängt. Sie wird dorthin getrieben, wohin zunächst ein Ausweichen möglich ist, nach den Lymphspalten der Hornhaut, sie wird sich unter den Zellplatten um den Kern derselben anhäufen und von hier aus vordringen in die geräumigeren interfibrillären Spalten. Je stärker die Verdichtung der Kittsubstanz, je

ausgesprochener die Quellung der Fibrillen, um so mehr erscheinen die Strahlen der Körperchen ausgebildet. Ihre Länge, ihr unmittelbares Ineinanderübergehen, sowie das zumeist rechtwinklige Abtreten der Ausläufer, die deutlich in verschiedenen Ebenen liegen, — Alles findet eine Erklärung in der Formation der Grundsubstanz und ihrer sich kreuzenden Faserrichtung.

Die Behauptung, dass uns in der Hornhaut eine im Wesentlichen interfibrilläre Kittsubstanz in wechselnder Vertheilung entgegentritt und dass dadurch das Vorhandensein besonderer zelliger Elemente vorgetäuscht werden kann, erhält schliesslich eine sehr erfreuliche Stütze in den anscheinend so widerspruchsvollen Resultaten der Silbermethode. Um dies darthuen zu können ist es den früheren Angaben gegenüber freilich nothwendig, eine andere Erklärung der Silberbilder aufzustellen und zu begründen, wobei es noch besonders darauf ankommen wird, die Beziehungen klar zu legen, welche zwischen den sogen. positiven und negativen Bildern vorhanden sind, da dies sich unmittelbar an das soeben behandelte Thema von den strahligen Hornhautkörperchen anschliesst.

Grosser Werth wurde von jeher auf die gegenseitige Ergänzung der positiven und negativen Silberbilder gelegt. Was an den einen nicht wahrzunehmen, sollte an den anderen sich darbieten; beide mussten eben immer in einander geschoben gedacht werden, wenn ein Ganzes herauskommen sollte. Die Art und Weise, wie beide Bildungen ineinander übergehen ist bisher nicht richtig erkannt worden. Nach den sehr zahlreichen Versuchen, die ich mit der Versilberung angestellt habe, glaube ich ein hinreichendes Verständniss erzielt zu haben und glaube behaupten zu können, dass sich das Ergebniss dieser Versuche in vollkommene Uebereinstimmung bringen lässt mit den Gesammtresultaten meiner Untersuchungen über den Bau der Hornhaut durch den Nachweis, d a s s e s e i n u n d d i e s e l b e S u b s t a n z i s t, w e l c h e i n u n g l e i c h e r V e r b i n d u n g m i t d e m S i l b e r s o w o h l d i e n e g a t i v e n a l s d i e p o s i t i v e n B i l d e r l i e f e r t u n d d a s s d i e l e t z t e r e n a u s d e n e r s t e r e n s i c h b i l d e n d u r c h e i n e U m s e t z u n g u n d U m l a g e r u n g d e r v o m *Argent. nitric.* p r i m ä r n i e d e r g e s c h l a g e n e n E i w e i s s m a s s e n.

Um möglichst unbefangen zu Werke zu gehen, will ich es nicht unterlassen auf das im vorhergehenden Abschnitte Ange-

führte hinzuweisen, wonach es wahrscheinlich, dass in der ausgeschnittenen Hornhaut durch das Zusammenfallen der Lymphspalten die Gestalt derselben bei Flächenansichten eine zackige werden kann. Sind diese zackigen Lücken nicht identisch mit den strahligen Vacuolen der Silberbilder? — Abgesehen von den vorhandenen Formverschiedenheiten würde eine solche Annahme von vornherein nur gerechtfertigt sein, wenn es sich bei den Metallbildern wirklich nur um eine Färbung der Grundsubstanz handelte. Dies ist jedoch entschieden nicht der Fall, da bei dem Entstehen charakteristischer Präparate stets die Verdichtung durch Coagulation oder Membranbildung eine wesentliche Rolle spielt. Die schönsten Saftkanalbilder, d. h. die ausgebildetsten Vacuolen mit verzweigten Ausläufern, treffen wir immer nur in den oberflächlichen Schichten der Hornhaut, also da, wo das Silbersalz plötzlich einwirken konnte, während in der Tiefe, wohin das Silber nur allmählig dringt, die Bilder weniger prägnant ausfallen. Dazu kommen noch folgende Thatsachen. In allen Fällen, in denen die strahligen Körperchen der Hornhaut deutlich sichtbar geworden sind (sei es nach dem Verweilen der Membran in der feuchten Kammer oder nach Anwendung starker Zerrung (*Engelmann*) oder schliesslich in Folge des Entzündungsreizes), gelingt es nicht gute Saftkanälchen zu erzeugen. Es bildet sich zwar noch braunes Silberalbumin, es sind in den Schichten desselben auch noch Kernlücken nachweisbar, aber sie sind eng und ohne Ausläufer. Dies rechtfertigt die bekannten Präparationsvorschriften, dass man die Gewebe möglichst frisch verwenden und vor Insulten bewahren soll, es beweist aber auch, dass für die echten Saftkanalbilder ein ganz bestimmter molekulärer Zustand der Eiweisskörper unerlässliche Bedingung ist. Die einfache Bildung von Silberalbumin genügt nicht.

Früher war gezeigt worden, dass es die interfibrillären Kittmassen sind, welche das am Lichte sich bräunende Silberalbumin bilden. Diese Massen haben wir zu trennen in den Theil, welcher zwischen den einzelnen Fibrillen eingelagert, diesen fester anhaftet, und in den zweiten, welcher in den weiteren Räumen zwischen den Fibrillenbündeln und unter den Zellplatten abgelagert eine grössere Verschiebbarkeit besitzt. Wirkt der Höllenstein auf letztere ein, so werden dieselben bei der eintretenden Coagulation sich verdichten und werden sich von

den Kernen der Zellplatten, die in sie eingetaucht sind, nach den Seiten hin zurückziehen. Die Vacuolen werden in Verbindung mit den sich anschliessenden feineren Spalten und kleineren Lücken die exquisiten Saftkanalbilder geben (Fig. 18), welche sich im Wesentlichen in nichts unterscheiden von den gleichen Bildern in subepithelialen Eiweissschichten. Mit dieser Auffassung verträgt sich vollkommen die Regelmässigkeit der Silberbilder, auf welche *v. Recklinghausen* einen so entscheidenden Werth legt.[1]) Die einzelnen Vacuolen geben uns den Ort an, wo in der Grundsubstanz die Zellplatten liegen, allein Zellen und Vacuolen decken einander nicht unbedingt, sie sind an einander gebunden, sind jedoch nicht gleich. Die Vacuolen der Silberbilder liegen ausserhalb des injicirbaren Spaltsystemes in der Hornhaut. Die Form der Vacuolen ist variabel; sie ist abhängig von der grösseren oder geringeren Verdichtung der Eiweisssubstanzen. Der Einfluss stärkerer Silberlösungen auf die Weite der Vacuolen ist mehrfach beobachtet und durch eine energischere Schrumpfung der Grundsubstanz erklärt worden, indess hat man dabei unter anderen übersehen, dass bei einer wirklichen Schrumpfung der fibrillären Substanz in der Richtung des Radius der Hornhaut die gekreuzte Lage der Faser nothwendigerweise zur Geltung kommen müsste. Zudem lässt es sich direct beweisen, dass die Vacuolenbilder vom Zustande der Fibrillen selbst unabhängig sind. Behandelt man versilberte Hornhäute nach der Reduction mit Schwefelsäure (nach der *His*'schen Vorschrift mit gleichen Theilen Wasser verdünnt), so werden bekanntlich die Fibrillen gelöst. Wir erhalten auch auf diese Weise isolirte Zellplatten und mit ihnen im innigsten Zusammenhange dünne Schichten brauner Silbersubstanz, welche vollkommen wohl erhaltene Vacuolen einschliessen.

Auch ohne dies können meiner Ansicht nach Figuren, wie sie uns auf Taf. II, 17 entgegentreten, nur durch die Annahme erklärt werden, dass hier von der fibrillären Substanz mehr unabhängige Eiweissmassen die Silberverbindung eingegangen sind, zu welcher Annahme sich bereits *C. Fr. Müller* gedrängt fühlte. Auf exquisite Bilder derart stossen wir besonders in den inneren Schichten der Hornhaut in der Nähe des Scleralrandes, da, wo die platten Zellen mehrfach in zusammenhängenderen

1) *Stricker*'s Handbuch, S. 228.

Lagen auftreten. Man gewahrt desshalb gerade hier zwischen dem Gewirr von braunen Flecken deutlich die schwarzen Linien, welche die Grenzen der Zellen anzeigen. Klarer noch werden die Bilder, wenn die betreffenden Massen unter den Zellplatten weg nach der Seite hingedrängt worden. Dann färbt sich nur die Substanz zwischen den Fibrillen, dann erst bekommt man die annähernd richtige Umgrenzung der Zellplatten und der ihnen entsprechenden Lymphspalten, dann erst kann von einer Uebereinstimmung der versilberten und injicirten Präparate die Rede sein. Die einzigen allenfalls verwerthbaren negativen Silberbilder sind demnach solche, welche der Fig. 16 auf Taf. II entsprechen. Vollständig gelingt die gewünschte Entfernung allerdings wohl nie; immer bleiben grössere und kleinere Tröpfchen zurück, welche sich gern den schwarzen Linien oder den Rändern anheften. Wahrscheinlich sind die Quantitätsverhältnisse von vornherein verschiedene. Eine Rolle scheint fernerhin die Spannung der Lamellen zu spielen, denn ich erzielte die günstigsten Resultate, wenn ich frisch herausgeschnittene Hornhäute, z. B. vom Hunde, umkehrte (sodass die innere Fläche die gewölbte wurde) und dann die Silberlösung einwirken liess. Nützlich erwies sich ausserdem der Zusatz von Essigsäure zum Silber, möglicherweise desshalb, weil durch sie ein Theil der lockeren Silberverbindungen gleich im Entstehen gelöst werden.[1])

Zur Vervollständigung dieser Erörterungen müssen wir noch auf das Verhalten der strahligen Hornhautkörperchen gegen die Silberlösung einige Blicke werfen.

Unzweifelhaft liegen die sternförmigen Silbervacuolen an derselben Stelle, wo die strahligen Körperchen liegen, d. h. unter den Zellplatten. Durchmustert man mit Genauigkeit Hornhäute, die nicht allzutief versilbert und dann regelrecht imbibirt sind, so kann man sich davon überzeugen, dass einzig nackte Kerne sichtbar soweit als die Silberwirkung ging, während darüber hinaus die strahligen Körperchen sofort wieder auftreten.

---

1) Der Zusatz von Essigs. zur Silberlösung ist auch für die Fälle sehr empfehlenswerth, in denen es sich um einfache Darstellung der Epithelzeichnung handelt. Die Präparate werden sehr klar und reinlich, die Kerne deutlich sichtbar. (1 proc. Essigs. mit $^1/_2$ proc. Höllenstein.) Die Gegenwart des Silbers hindert die quellende Wirkung der Essigs. auf die Bindegewebs-Fibrillen nicht.



Ein Gleiches lehren uns die erwähnten Isolationsversuche mit Schwefelsäure. Hält man versilberte und nicht versilberte Schichten scharf auseinander, so wird man die Behauptung bestätigt finden, dass Silbervacuolen und strahlige Körperchen sich gegenseitig ersetzen. Sollte nicht schon hierdurch die Vorstellung nahe gelegt werden, dass die Substanz der strahligen Körperchen es selbst ist, welche bei bestimmter Fixirung die negativen Silberbilder liefert? Wird nicht so das Räthsel vom Verbleib der strahligen Körperchen gelöst, ohne dass wir zu unstatthaften Hypothesen zu greifen brauchen?

Wir hatten gesehen, dass die Entstehung guter Saftkanalbilder abhängig ist von bestimmten Zuständen der Hornhaut, welche sich im Allgemeinen folgendermaassen charakterisiren lassen: Je weniger von den strahligen Körperchen sichtbar, um so besser werden die negativen Silberbilder. Erstere sucht man alsdann vergeblich. Ein Gleiches tritt ein, wenn man mit der Application der Silberlösung wartet, bis die strahligen Körperchen in der Hornhaut deutlich hervorgetreten. Man kann hierzu unter anderen auch das phosphorsaure Natron benutzen, welches sicher auf die Substanz der strahligen Körperchen einwirkt, da dieselben bei bestimmter Concentration der Lösung zu rundlichen Tropfen zusammenfliessen. Spühlt man eine Hornhaut, welche eine Zeit in phosphors. Natron gelegen hat, mit Wasser ab und lässt zu dem Präparate, während es unter dem Mikroskope liegt, ganz allmählig Silberlösung hinzutreten, so bemerkt man günstigen Falls die Bildung feiner Körnchen (phosphors. Silberoxyd) in den strahligen Körperchen. Gleichzeitig aber constatirt man durch die directe Beobachtung, wie dieselben allmählig undeutlich werden, indem ihre Substanz zerfliesst oder richtiger indem die körnigen Massen sich gleichmässiger vertheilen. In dem diffusen Körnchenlager bleiben kleine, nicht scharf begrenzte, hellere Flecke zurück.[1])

Dem soeben geschilderten Verhalten der strahligen Körperchen gegenüber sind von grösstem Interesse die Vorgänge, durch welche die scheinbar verschwundenen Gebilde wieder

1) Eine analoge Vertheilung der Substanz auch ohne phosphors. Natron. — Mit Recht sagen die ersten Beobachter der Wirkung des Höllensteins auf die Hornhaut *Coccius-Flinzer*, corpuscula corneae lapide infernali destrui. Cf. *Flinzer*, De argenti nitrici usu et effectu. Dissert. inaug. Leipzig 1854



sichtbar werden können, wenn man frisch versilberte Hornhäute mit Chlorverbindungen behandelt und hierdurch nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise die negativen Bilder in die positiven überführt. Zur Beurtheilung der dabei stattfindenden Veränderungen habe ich bereits im Vorhergehenden Beiträge geliefert, aus denen ziemlich unmittelbar ersichtlich, inwieweit die früher gegebene Erklärung aufrecht erhalten werden kann. Dieselbe lautete: Wird eine versilberte Hornhaut mit Kochsalzlösung oder Salzsäure in Berührung gebracht, so löst sich der Niederschlag innerhalb der Grundsubstanz auf, um alsdann von neuem in der Form von Chlorsilber in den strahligen Körperchen abgesetzt zu werden. Auf diese Weise wird der anfangs extracelluläre Niederschlag zu einem intracellulären.

Ich muss bestreiten, dass es zu einer wirklichen Auflösung des Niederschlages kommen darf, falls positive Bilder entstehen sollen; denn wenn wir durch stärkeren Kochsalzzusatz eine vollständige Lösung eintreten lassen, bekommen wir überhaupt keine strahligen Körperchen, sowie kein Chlorsilber zu Gesicht, sondern nach Einwirkung des Lichtes höchstens braungefärbte Kerne in einer klaren Grundsubstanz. Erzeugt man sich in einer versilberten Hornhaut zuerst einen Niederschlag von Chromsilber und lässt dann dünne Salzsäure einwirken, so erhält man gleichfalls sehr schöne mit Chlorsilberkörnchen durchsetzte strahlige Körperchen. Chromsilber wird aber von der Salzsäure nicht gelöst, es tritt nur eine Zerlegung ein. In gleicher Weise kommt es auch bei den gewöhnlichen Silberpräparaten bloss zu einer Umsetzung der Substanzen. Ich habe dargethan, wie man Silberalbumin durch geringere Kochsalzmengen derartig zerlegen kann, dass eine Chlor-Silberverbindung entsteht, während ein früher gebundener Eiweisskörper wieder frei wird. Auf die Cornea übertragen heisst das: Im Silberalbumin-Niederschlage bildet sich durch directe Umsetzung Chlorsilber; die bei der Coagulation fixirten Eiweissmassen werden wieder gelockert, werden zusammen mit den in sie eingelagerten Chlorsilberkörnchen verschiebbar und bilden durch Umlagerung die strahligen Körperchen. Je stärker die Quellung der Hornhautsubstanz, um so ausgebildeter die Ausläufer der vermeintlichen Zellen.

Den Vorschriften für Erzeugung der positiven Bilder gemäss soll man die Präparate längere Zeit in der chlorhaltigen Flüssig-

keit liegen lassen. Man erhält in der That auf diese Weise die vollkommensten Formen, aber es entgehen der Beobachtung die gerade so äusserst wichtigen Uebergangsstufen, deren Vernachlässigung wohl allein die Schuld trägt, dass das wahre Sachverhältniss nicht richtig erkannt wurde. Ganz bestimmte Präparationsvorschriften lassen sich nicht wohl geben, weil die primäre Silberwirkung in ihrem Erfolg nicht mit Sicherheit abzumessen, weshalb es zweckmässiger zu diesen Versuchen sogleich stärkere Silberlösungen zu verwenden.

Die Präparate, in denen wir das Silberalbumin in einen Niederschlag von Chlorsilber umgewandelt, gewähren, wie zu erwarten, einen verschiedenartigen Anblick. Die ersten Stadien sind die, wo eine Umsetzung stattgefunden hat, ohne dass die Vertheilung des Niederschlages und damit das mikroskopische Gesammtbild verändert worden. Man bekommt sie zu Gesicht, sobald man die Chlorwirkung zeitig unterbricht und jede Quellung durch Einlegen in Alkohol hindert. Es wurde angeführt, dass die durch starke Coagulation erzeugten Eiweisshäutchen durch Kochsalz nicht zur Lösung gebracht werden, obgleich das Silber aus der Verbindung austritt. So kann unter Umständen die Grundlage der negativen Bilder erhalten bleiben, aber die in ihr gebildeten feinen Chlorsilberkörnchen beginnen zu wandern, um schliesslich in den Vacuolen und ihren Ausläufern angesammelt zu werden. Die gesammte Silbersubstanz, von der die Färbung der Präparate abhängt, setzt sich in einem vorhandenen Lückensysteme ab. In der Mehrzahl der Fälle wird das ganze mikroskopische Bild verändert. Die zwischen den Vacuolen liegenden Massen gruppiren sich zu feineren mit einander zusammenhängenden Streifen, entsprechend den interfibrillären Spalträumen. Durch weiteres Zusammenfliessen oder Zusammengedrängtwerden verkleinern sich allmählig die Vacuolen, bis sie endlich auf den Raum reducirt worden, der dem in ihr gelegenen Kerne entspricht. Ist die Umlagerung soweit gediehen, so sind die strahligen Körperchen der positiven Silberbilder fertig. Da es unmöglich ist all' die verschiedenen Stufen der Umwandlung einzeln vorzuführen, so mögen die beiden Abbildungen Fig. 21 a u. b zur Veranschaulichung des soeben Geschilderten genügen.

Eine gleichwerthige Veränderung des primären Silberniederschlages in der Hornhaut findet, wie ich glaube, noch in

anderen Fällen Statt, z. B. nach Einwirkung des salpetersauren Quecksilberoxyds, auf welche *His* besonderen Werth legt. Weil nehmlich dieses Salz zwar Chlorsilber aber kein Silberalbumin löst, so behauptet *His*, dass der durch Silberlösung in der Hornhaut erzeugte Niederschlag kein Silberalbumin sein könne; denn die Trübung schwindet, »wenn man die (versilberten) Hornhautschnitte mit salpeters. Quecksilber behandelt. Die Reaction erfolgt bei dickeren Schnitten etwas langsamer, aber doch ganz vollständig; die Hornhautkörperchen und ihre Ausläufer treten in der aufgehellten Hornhaut mit grosser Schärfe hervor.« Etwas Näheres über die Concentration der angewendeten Lösungen findet sich bei *His* nicht, woher es kommen mag, dass mir der angegebene Versuch nicht ordentlich gelang. Gewiss ist dabei nicht ausser Acht zu lassen, dass das salpeters. Quecksilberoxyd doch eine ganz bestimmte Wirkung auf das Silberalbumin ausübt. Der bekannte, feste käseartige Niederschlag wird, wie *His* selbst angiebt, »grobflockig«, er wird aufgelockert und somit wird auch der Hornhautniederschlag aus dem fixirten Zustande erlöst, eine nachträgliche Verschiebung erfahren können.

Noch ist es übrig diejenige Form der Chlorsilberbilder zu erwähnen, welche in Fig. 19 vorliegen. Man findet dieselben regelmässig in den tieferen Schichten dickerer Hornhäute, in denen die Zerlegung des Silberalbumins ohne Quellung der Grundsubstanz durch kurz dauernde Behandlung mit mehrprocentiger Kochsalzlösung bewirkt worden. Hier hat sich offenbar die schwarzkörnige Masse gleichmässig unter den Zellplatten ausgebreitet, ohne dass eine Einpressung in die interfibrillären Räume erfolgte, sie giebt uns Abdrücke der Zellplatten mit einschliessendem Kern, die wahren positiven Bilder zu den negativen, welche wir in Fig. 16 kennen gelernt hatten. Diese Bilder gleichen unzweifelhaft den durch Injection gewonnenen, wonach es ersichtlich, dass wir auf ganz verschiedenen Wegen zu denselben Resultaten gelangen können. Die Ergebnisse der Versilberung, richtig gedeutet, stehen also nicht im Widerspruch mit dem, was uns andere Präparationsmethoden kennen gelernt haben.

Ich bin am Schlusse dieser Abhandlung. Zwar habe ich noch manche Puncte, die nicht ohne Bedeutung sind, übergangen, hoffe jedoch hinreichend beweisende Einzelheiten angeführt zu haben. Die Verhältnisse, welche der Behandlung vorlagen,

sind complicirt genug, wesshalb meinerseits wohl der Wunsch gerechtfertigt, diejenigen, welche anderer Meinung sind, möchten stets die Gesammtheit der Gründe im Auge behalten, umsomehr, als wir in unseren Beweismitteln mannichfach beschränkt sind. Ich will nicht mit voller Sicherheit behaupten, dass ich bei den verschiedenen Erklärungen, welche ich dem direct Beobachteten angefügt habe, stets die einzig richtige getroffen, jedoch kenne ich zur Zeit keinen neuen Weg, auf dem ich zur Beseitigung etwa bestehender Zweifel gelangen könnte. An folgenden beiden Schlusssätzen wird so wie so schwerlich etwas zu ändern sein:

1. Die Methode der Versilberung verschafft uns keine richtige Vorstellung von der Structur der Hornhaut. Sie ist desshalb nur mit Vorsicht anzuwenden oder lieber ganz zu verwerfen, weil sie neben der Unsicherheit der Resultate entbehrlich ist.

2. Die sogenannten strahligen Körperchen der Hornhaut entsprechen nicht den eigentlich zelligen Elementen derselben. Sie sind keine selbständigen Gebilde. Ihre Substanz besitzt so vielfache Uebereinstimmung mit den interfibrillären Kittmassen, dass wir zum mindesten berechtigt sind, an der Protoplasmanatur der Substanz solange zu zweifeln, bis neue, charakteristische Eigenschaften erkannt sein werden.

Anhang.

Ueber die Wirkung der 10proc. Kochsalzlösung auf die thierischen Gewebe.

Bezüglich des Vorkommens von »Myosin« in der Hornhaut sagt *Bruns* in der vorerwähnten Abhandlung, es folge daraus, dass die Hornhautkörperchen contractil seien. Mir scheint gerade im Gegentheil die physiologische Bedeutung, welche man dem Myosin zugeschrieben, durch diese Thatsache gefährdet. Es dürfte nothwendig werden den aufgestellten physiologisch chemischen Begriff einer erneuten Prüfung zu unterziehen, um genauer, als es bisher möglich war, die Rolle kennen zu lernen,

welche das Myosin im Organismus spielt, um die Stellung zu fixiren, welche es unter anderen einnimmt gegenüber dem Mucin, das bekanntlich den Hauptbestandtheil der Kittsubstanz des Bindegewebes bilden soll. Es ist nehmlich leicht zu constatiren dass die interfibrilläre Substanz des Sehnengewebes sich gegen Kochsalzlösung im Allgemeinen gerade so verhält wie die der Hornhaut. Wenn also in letzterer Myosin vorhanden ist, so muss es auch in den Sehnen angenommen werden, oder es liegt in beiden Fällen eine Substanz vor, welche in ihrem Verhalten gegen bestimmte Reagentien dem Myosin ganz nahe kommt. Bei den Sehnen aber dürfte wohl niemand versucht sein, die durch Kochsalz zu gewinnende Substanz von contractilen Zellen herleiten zu wollen.

Die rein chemische Seite der angeregten Fragen überlasse ich natürlich vollständig den Fachleuten. Mir wird es im Weiteren nur darauf ankommen etwas ausführlicher diejenigen Versuche und Beobachtungen mitzutheilen, welche für meine Zwecke unerlässlich erschienen.

Bringt man ausgeschnittene Hornhäute in 10proc. Kochsalzlösung, so fangen sie alsbald an aufzuquellen. Die Quellung kann besonders bei einzelnen Thieren, z. B. beim Hunde, allmählig so beträchtlich werden, dass die Hornhaut fast kugelig wird. Noch sichtbarer tritt die Quellung hervor an Querschnitten frischer Hornhäute. Hat man den Schnitt so geführt, dass an der einen Seite ein Stückchen der Sclera sitzen geblieben, so breitet er sich fächerförmig aus, indem die fester gewebte Sclerotica an der Ausdehnung keinen Theil nimmt. Betrachtet man schliesslich einen solchen quellenden Hornhautschnitt genauer, so kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass es wirklich die interfibrilläre Kittsubstanz ist, welche von der Kochsalzlösung verändert wird, da die alleinige Quellung und Lösung der strahligen Körperchen nie eine derartige Veränderung hervorzubringen im Stande sein kann.

Um aus dem Hornhautextract Myosin in grösseren, zur Prüfung der chemischen Reactionen nöthigen Mengen zu gewinnen, liess ich die Häute von Ochsen, Kälbern, Schafen erst einige Tage in Kochsalzlösung liegen, bis sich die Epithelialschichten in Fetzen ablösten; dann erst wurden sie zerkleinert, mit neuer Lösung übergossen und auf längere Zeit der Maceration ausgesetzt. Letzteres ist durchaus nothwendig, wenn man eine mög-

lichst concentrirte Lösung erhalten will. Auch ist es rathsam, die Quantität der Kochsalzlösung nicht zu gross zu nehmen und die Trennung des Myosins von Fibrillensubstanz durch Schlagen und Schütteln zu unterstützen. Die Kittsubstanz haftet in der That sehr fest in dem dichten Geflechte der feinsten Fibrillen, besonders wenn sie eine ausgesprochen gallertige Beschaffenheit angenommen hat.

Die Sehnen vom Ochsen, zu deren Zerkleinerung ich eine Fleischschneidemaschine benutzte, wurden in gleicher Weise behandelt. Bei ihnen ist die Quellung in Kochsalzlösung zwar nicht so auffällig, doch dürfte es gleichfalls nöthig sein die Loslösung der gequollenen Kittsubstanzen von den fibrillären Massen durch mechanische Hülfe zu befördern.

Dass der Uebergang des Myosins aus dem Hornhaut- und Sehnengewebe in die Kochsalzlösung langsamer vor sich geht, hängt einmal ab von dem innigeren Umschlossenwerden von dem Fibrillengewirr, dann aber auch von einer wirklich vorhandenen schwereren Löslichkeit, indem zunächst immer ein starkes Aufquellen eintritt. Dieser Umstand könnte von wesentlicher Bedeutung sein. Da jedoch *Kühne* hauptsächlich das Froschmyosin zu seinen Untersuchungen benutzt zu haben scheint und da dasselbe sich z. B. in seiner Gerinnungsfähigkeit bei erhöhter Temperatur von dem Säugethiermyosin unterscheidet, so ist es immerhin möglich, dass es für letzteres ein günstigeres Procentverhältniss der Kochsalzlösung giebt als das zur Anwendung gekommene. Bei Behandlung todtenstarrer Kaninchenmuskeln ist das Gallertigwerden gleichfalls auffälliger, während auf der anderen Seite Froschhornhäute in der Kochsalzlösung fast gar nicht aufquellen.

Der Kochsalzauszug der Hornhäute und der Sehnen verhalten sich übereinstimmend in folgenden Puncten. Eine Ausscheidung des Myosins tritt ein sowohl durch Zusatz von Kochsalzpulver als durch Eintragen in grössere Wassermengen. Der auf die zweite Weise erhaltene Niederschlag, meist fein vertheilt, löst sich in Salzsäure, schneller oder langsamer vollständig oder nur theilweise, jenachdem er längere oder kürzere Zeit gestanden. Das in Lösung Uebergegangene fällt bei Neutralisation der Säure durch kohlensaures Natron wieder aus. Wasserstoffsuperoxyd endlich wird zerlegt, mag man das Product der Hornhaut- oder Sehnenmaceration mit ihm zusammenbrin-

gen. Die angeführten Reactionen sind im Wesentlichen die gleichen beim Muskelmyosin.

Längere Zeit in Kochsalzlösung macerirt und mit Wasser vollständig ausgewaschen, bildet das fibrilläre Gewebe im Ganzen eine äusserst zarte, weisse, flaumartige Masse. Je lockerer die gereinigte Substanz, um so leichter ihre Löslichkeit in kochendem Wasser. Namentlich löst sich fein zerfasertes Hornhautgewebe fast momentan und auch die festen äusseren Schichten desselben verschwinden bei 4—5stündigem Kochen unter gewöhnlichem Druck vollkommen. Eine Elastica anterior bleibt nicht zurück.

Durch die Kochsalzbehandlung der Gewebe scheint den Leimlösungen die Fähigkeit zu gelatiniren mehr oder weniger vollständig entzogen zu werden, wenigstens blieb es bei meinen beiden Versuchen der Gewinnung von Hornhautleim ganz aus, obgleich das Kochen nur kurze Zeit andauerte, und die Concentration der einen Lösung durch nachträgliches Abdampfen eine derartige geworden, dass die Substanz von etwa 20 grossen Hornhäuten (Ochsen, Kälber, Schafe) auf 50 Cbcm. Flüssigkeit kam. Beim Sehnenleim fehlte das Gelatiniren einmal gänzlich, während es das anderemal nur nach beträchtlicher Concentration in schwächerem Grade eintrat. Leider habe ich keine Zeit gefunden um quantitative Controlversuche mit gewöhnlichem Sehnengewebe anzustellen, ich habe auch meine Versuche nicht hinreichend variirt, um eine Entscheidung darüber treffen zu können, ob die Fibrillensubstanz selbst durch das Kochsalz modificirt wird (morphologisch ist dies nicht der Fall), oder ob das Gelatiniren des gewöhnlichen Leimes abhängig ist von einem Stoffe, der von der eigentlichen Fibrillensubstanz abgetrennt werden kann.

Der gewonnene Hornhautleim gab in dem einen Falle gar keine Chondrinreaction, das andremal hingegen, wo die Kochsalzbehandlung weniger lange angedauert, stellte sich bei massenhafter Fällung durch Gerbsäure bei Zusatz von Essigsäure und Kupfervitriol eine leichte Trübung ein, ohne im Ueberschuss des Reagens wieder zu verschwinden. Sollte sich das Ausbleiben der Chondrinreactionen als constant erweisen, so würde daraus gefolgert werden können, dass Hornhautfibrillen und Sehnenfibrillen im Wesentlichen aus demselben Stoffe gewebt sind, und dass die bekannten Unterschiede zwischen gewöhn-

als wirklich formgebend, als Stroma auf oder erscheint mehr als Einlagerung zwischen den schärfer abgegrenzten morphologischen Gruppirungen der ersten Substanz, wie z. B. in den quergestreiften Muskeln, in denen die einfachbrechende Substanz die doppeltbrechenden sarcous elements von einander scheidet. Sie ist es, welche, wie ich glaube, das durchgehende Vorkommen des Myosins bedingt, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass dieser Stoff überall ganz dieselben Eigenschaften besitzen muss. Das Zusammenwirken mit dem specifischen Zellstoff kann auch in ihm gewisse Modificationen hervorrufen.

Der vorwärtsschreitenden Forschung wird es vorbehalten bleiben müssen über Begründung oder Verwerfung dieser Aufstellungen zu entscheiden.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Querschnitt einer durch Einstichinjection von dünner Gerbsäure verdickten Hornhaut. Längs- und quergetroffene Schichten. Vergröss. 200.

Fig. 2. Analoger Schnitt, der Breite nach auseinander gezogen. *a* u. *b* Längslagen der Faserzüge. Die quergetroffenen Schichten *c* haben sich auf die Seite gelegt.

Fig. 3. Querschnitt einer einfach erhärteten Hornhaut des Hundes. Vergröss. 300.

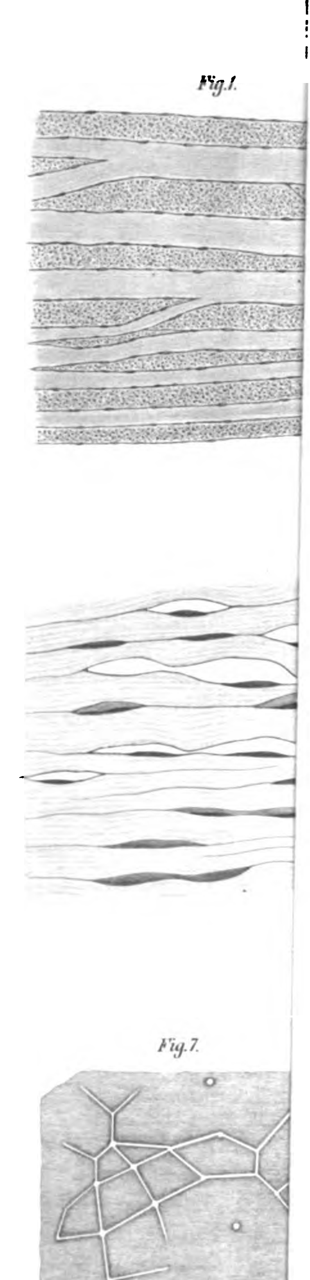
Fig. 4. Querschnitt der Hornhaut mit eröffneten Spalten. Zellkerne gefärbt. Vergröss. 400.

Fig. 5. *a* u. *c* wie in Fig. 2. Austausch der Fibrillen zwischen den Schichten verschiedener Richtung. Offene Spalte mit abgelöster kernhaltiger Zellplatte im optischen Querschnitt. Vergröss. 800.

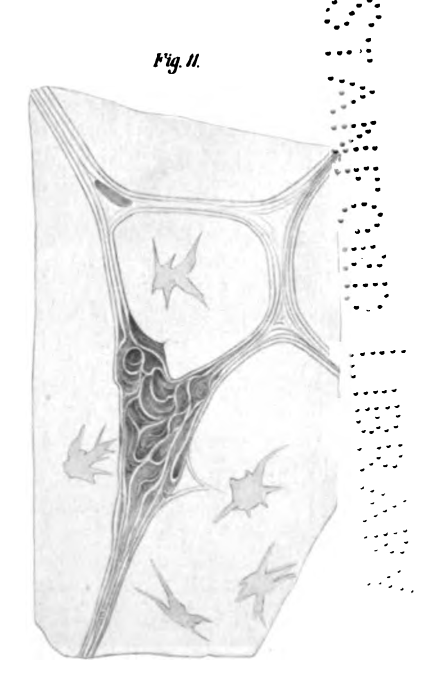
Fig. 6. Isolirte Hornhautzellen. *a* Verschiedene Kernformen, Faltungen der elastischen Platten. *b* Zusammenhang einer einzelnen Zelle mit einem aus übereinander geschobenen und gefalteten Zellen gebildeten Häutchen. *c* Isolirte kernhaltige Zellplatte mit anhaftendem strahligen Körperchen. Vergröss. 300.

Fig. 7—10. *Descemet*'sche Membran des Ochsen, in verschiedenen Dickeschichten nach Maceration in Kochsalzlösung. 7, 8 u. 10 bei 400facher Vergröss., 9 dasselbe Bild wie 8, bei 1000facher Vergröss.

Fig. 11. Nervenplexus der Hornhautsubstanz mit eingelagertem, ganglienartigen Gebilde v. Frosche. Vergröss. 300.







Zur Abhandlung v. F. Schweigger-Sei

Taf. II.

Fig. 12.

Fig. 16.

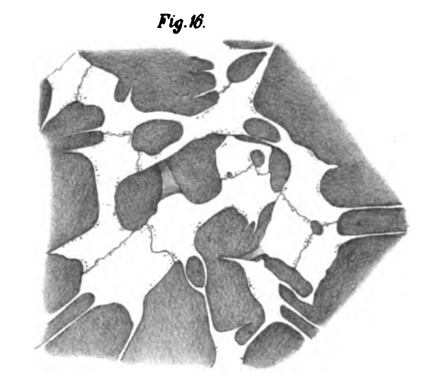
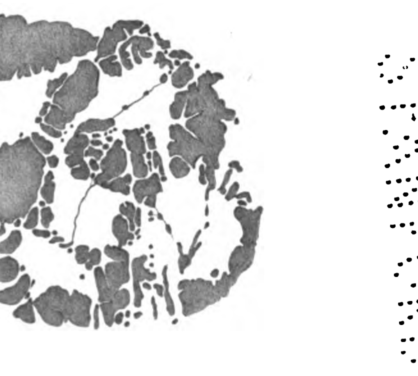


Fig. 17.





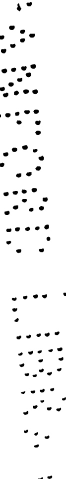
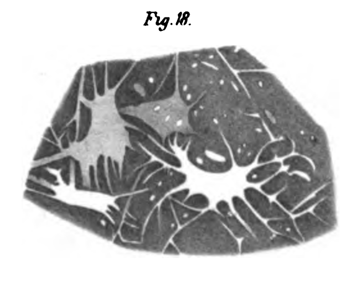


Fig. 18.





Berichte d. K. S.
Zur Abhandlu

Lith. Anst. v. C. Bach, Leipzig



Tafel II.

Sämmtliche Figuren bei 250facher Vergröss. gezeichnet.

Fig. 12. Eindringen von Injectionsmassen in die interfibrillären Räume. Mässige Ausdehnung derselben.

Fig. 13. Injection des abgeschlossenen Spaltsystems der Hornhaut. *a*, *b*, *c* übereinander liegende Schichten der Kanäle von der Fläche in stereoskopischer Ansicht. *d* Verbindungskanal zwischen verschiedenen Massen. *e* Durchbruch der Massen in die interfibrillären Räume. *f* Nervenkanal.

Fig. 14. Dasselbe mit imbibirten Kernen der auskleidenden Zellplatten. 12—14 vom Hunde.

Fig. 15. Injection der frischen Hornhaut des Kaninchens, Imbibition der Kerne mit Haematoxylin. Copie einer Abbildung von *C. Fr. Müller*, *Virchow's* Arch. 41. Bd. Taf. 1.

Fig. 16 Aus einer mit Silberlösung behandelten Cornea vom Hunde. Dunkele Linien Grenzen der auskleidenden Zellplatten.

Fig. 17. Silberbild aus der Hornhaut des Kaninchens, Fig. 18 aus der des Frosches.

Fig. 19. Hornhautzellen vom Hunde, mit feinen Chlorsilberkörnchen belegt und dadurch in ihren Grenzen markirt Kerne imbibirt.

Fig. 20. Sogen. vielstrahlige Hornhautkörperchen nach Behandlung mit Chlorgold. Vom Kaninchen.

Fig. 21. *a* u. *b* Uebergänge aus den sogen. negativen Silberbildern in die positiven.

Dr. J. Coats, *Wie ändern sich durch die Erregung des n. vagus die Arbeit und die innern Reize des Herzens?* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede Prof. *C. Ludwig*.

Mit 1 Tafel und 9 Holzschnitten.

Das Herz mit seinen Muskeln, Nerven und Erregern stellt das einfachste Beispiel eines thierischen Motors dar; somit würde es sich vor Allen eignen zu der Untersuchung über die wesentlichsten Eigenschaften eines solchen, vorausgesetzt, dass man die Arbeit des Herzens genau zu messen vermöchte. Diese letztere Forderung erscheint aber erfüllbar, seit es möglich geworden, das isolirte mit röthlichem Serum gespeiste Froschherz bequem und anhaltend zum Versuche zu benutzen. Unter diesen Umständen entschloss ich mich leicht, den Vorschlägen des Herrn Prof. *Ludwig* zu folgen, die mich aufforderten, mit der von ihm angegebenen Methode eine Versuchsreihe über die Frage anzustellen, die in dem Titel dieser Abhandlung enthalten ist.

Die Vorbereitungen, welche am Frosch zur Anstellung der Versuche nothwendig sind kurz folgende: Mit einem Stift wird Hirn und Rückenmark durchbohrt, das Thier unterhalb der Leber durchschnitten, von der oberen Hälfte wird sorgfältig das Brustbein sammt den oberen Extremitäten entfernt, dieses jedoch mit der Vorsicht, auf einer Seite einen grossen Hautlappen zu erhalten, welcher als Decke für die Nerven und das Herz benutzt werden kann; das blosgelegte Herz befreit man vom Herzbeutel, durchschneidet die kleine Brücke der Serosa, welche durch die Höhle des Letzteren hindurch geht, nachdem dieselbe vorerst mit einem feinen Faden umschnürt wurde. Auf den

ersten Blick mag es räthlicher erscheinen, den Herzbeutel uneröffnet zu lassen und damit dem Herzen seine schützende Decke zu lassen. Diese Vorsorge, so gerechtfertigt sie einerseits ist, bringt, wenn sie befolgt wird, leicht Störungen in den Versuch, durch Falten, welche den Uebergang der Flüssigkeit zu und von dem Herzen behindern; wird, um dieses zu beseitigen, der Herzbeutel eröffnet, dann muss auch das Herzende des kleinen Gefässes unterbunden werden, welches durch den oben erwähnten Fortsatz des Herzbeutels hindurch geht. Nach Eröffnung des Herzbeutels wird ein Zweig der Aortengabel unterbunden und in den zweiten eine Glascanüle durch den *bulbus aorta* hindurch bis zum Ventrikel hingeschoben und eingebunden; nun trennt man bis auf den Stamm der untern Hohlvene die Hängebänder der Leber ab, legt einen Faden um das Gefäss, eröffnet dieses letztere, führt eine möglich starke Glascanüle bis in den Vorhof ein und bindet dieselbe fest. Hierauf wird Leber und Lunge entfernt, der Magen etwa in seiner Mitte durchschnitten und alsdann eine starke an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre durch den Mund ein- und zum offenen Magen wieder ausgeführt; es ist zweckmässig, diese Röhre von einem so grossen Durchmesser zu nehmen, als es nur immer die Dimensionen der thierischen Theile erlauben, weil hierdurch der *vagus* auf seinem Verlauf von der Wirbelsäule bis zum Herzen möglichst entfaltet und das Herz vom Ursprung des Nerven möglichst entfernt wird. Das Präparat nimmt sich alsdann so aus, wie es in der beigegebenen Tafel dargestellt ist und es gelingt jetzt leicht, alle auf ihm verlaufenden Nervenstämme aufzufinden, insbesondere aber den des *n. vagus* zu isoliren; zu dem letzteren Ende ist es zweckmässig, alle übrigen Nerven auszuschälen und aus der Schlundwand, wo sie der Wirbelsäule zugekehrt ist, ein Fenster auszuschneiden, so dass der *n. vagus* unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Knochen von allen Weichtheilen befreit ist. Jenseits des Ortes, wo der Nerv sich mit der absteigenden *a. aorta* kreuzt, bleibt dagegen der Nerv am besten gänzlich unberührt, deshalb ist es auch zweckmässig, die Unterbindung der Jugularvenen zu unterlassen, die ohnedies mit Klappen versehen sind, welche den Austritt von Flüssigkeit aus den Vorhöfen verhindern.

Wenn das Präparat so weit gediehen ist, wird das aus dem Munde hervorstehende Ende des Glasrohrs in den Griff eines

Halters eingesetzt (s. die Tafel) und der Kautschuk H, in
die Cantüle der Hohlvene endet, durch ein kleines Glasröh
mit einem andern längern Kautschukrohr verbunden, w
in den kleinen Glasbehälter (A) ausläuft; dieser ist mit
lichem Kaninchenserum gefüllt und trägt zur beliebig
gelung des Abflusses an seiner untern Mündung eine k
oder einen Glashahn. Hierauf wird an die Aortencan
Manometer gefügt; das von mir benutzte besass die Dim
des von *Cyon* gebrauchten, von diesem unterschied es
doch rücksichtlich seiner Construction. Die beiden sen
Schenkel dieses Manometers waren oben offen, aus d
Oeffnung ragte wie immer das Ende des leichten auf dem
silber ruhenden Schwimmers hervor, auf der Oeffnu
dem unmittelbar an den wagrechten grenzenden
steckte ein Kautschukröhrchen F, das mit einer Klemm
schliessen war.

Ist alles dieses vorbereitet, so kann die Verbin
schen dem etwas über das Herz erhobenen Serumbeh
dem Vorhofe hergestellt werden, in Folge dessen Se
Vorhof und von da in die Kammern übertritt, von w
lig durch die Kammercontractionen selbst in da
gelangt. Die Oeffnung des Manometers bei (F) bl
unverschlossen bis alle Luft aus dem Präparate
Wenn diess geschehen so wurde die Oeffnung ge
der Versuch konnte seinen Anfang nehmen. Bev
den Schluss des Kautschuks bei (F) herstellte,
Abscisse, deren Höhe durch die Gleichgewichtslage
mers, Quecksilbers und Serums, soweit das Letz
meter enthalten war, bestimmt wurde. Den
welche *Cyon* [1]) in Betreff der Zuverlässigkeit ge
welcher der Schreibstift die selbstständigen B
Herzens notirt, weiss ich nichts zuzufügen, w
dieselben verweise.

Sollte der *n. vagus* gereizt werden, so sch
Platindrähtchen, die mittelst einer isolirenden
starken Bleidraht befestigt waren, unter den
Nerven. Rückwärts standen die Platindrähtche
der secundären Inductionsspirale eines gewöl

1) Diese Berichte 1866.

oder auch eines Rhümkorffs von *Siemens* und *Halske* in Verbindung. Ausser der Unterbrechung, welche durch den Abstand der beiden Platindrähte gegeben war, bestand noch eine zweite, welche durch eine schlüsselartige Einrichtung überbrückt oder geöffnet werden konnte. Dieser Schlüssel trug ebenfalls einen Schreibstift, welcher unmittelbar unter den des Manometers an die Trommel gestellt wurde.

Zur Controle der Zeiten dienten die Marken, welche ein Secundenpendel, oder auch unter Umständen eine Stimmgabel mit 28 Schwingungen in der Secunde auf die Trommel notirte. Der Stift dieses Pendels stand ebenfalls senkrecht unter dem des Manometers.

Die Trommel war mit berusstetem Papier überzogen.

Aus der Vorbereitung des Versuches geht hervor, dass es Absicht ist die äussere Arbeit des Herzens durch den Hub des Quecksilbers zu messen, der im Manometer stattfindet; sie wird, wenn r der Radius des Manometerrohres, h die Höhe des Hubes, den der Herzschlag veranlasst, s das specifische Gewicht des Quecksilbers ist, gleich $\frac{\pi s r^2 h^2}{2}$ sein.

Obwohl nun der angestrebte Versuch in die Gattung derjenigen gehört, welche von *E. Weber* in die Wissenschaft eingeführt und von *Ad. Fick* [1]) einer sorgfältigen Betrachtung unterworfen wurden, so stellen sich doch zwischen der Anordnung und der Absicht beider Versuchsreihen mannichfaltige Unterschiede heraus.

Zunächst ist das Ziel des Versuchs am Herzen und desjenigen am parallel faserigen Froschmuskel insofern verschieden, als hier die dem bekannten Reize angehörige Arbeit gesucht wird, am Herzen soll umgekehrt aus der gegebenen Arbeit auf die Grösse des Reizes geschlossen werden. Nach bekannten Erfahrungen ist dieses Letztere zulässig, weil die Arbeit, welche ein nach Dimensionen, Elasticität und Reizbarkeit unveränderlicher Muskel ausgiebt, abhängig ist von dem angehängten Gewicht, von der Dehnung des Muskels bei Beginn seiner Zusammenziehung und innerhalb gewisser Grenzen von der Stärke des Reizes.

In der Anordnung des Versuchs zeigen sich Verschiedenheiten, zunächst insofern, als das Gewicht nicht an den Muskel angehängt, sondern von der Herzwand umgriffen wird, dieser-

1) Untersuchungen über Muskelarbeit. Basel 1867.

halb kann es hier niemals zu einem Abheben des Gewichtes, beziehungsweise zu Wurfbewegungen kommen. — Unterschiede liegen ferner darin, dass sich im Gegensatz zu den gewöhnlichen Versuchen das vom Herzen gehobene Gewicht während der Zusammenziehung des erstern ändert. Auch durch die Muskelsubstanz ist der Versuch abweichend, indem die Zusammenziehung des Herzens sehr viel langsamer, und wegen der Anordnung der Muskelfäden mit grossen innern Widerständen vor sich geht, wesshalb die Beschleunigungen des Gewichts, die bei den gewöhnlichen Zuckungsversuchen eine grosse Rolle spielen, von geringer Bedeutung sind.

Diesen Vortheilen verschiedener Art treten aber auch nun Schwierigkeiten gegenüber, deren bedenklichste darin besteht, dass die Längen der Muskelfasern nicht zu messen sind; aus diesem Grunde unterliegt der Herzversuch sehr grossen Beschränkungen. Für den vorliegenden Zweck dürften die Grenzen seiner Brauchbarkeit folgendermaassen zu bestimmen sein. Wenn die ruhende Herzwand, deren Ausdehnung f sei, von einem Reize E getroffen wird, so sucht sich die genannte Wand einer andern Ausdehnung f' zu nähern und sie erreicht dieselbe um so mehr, je geringer der Widerstand ist den sie beim Hingange von f zu f' findet. Ist nun wie in unserem Falle die Einrichtung getroffen, dass das bei der Verkleinerung des Herzens aus diesem ausgetriebene Volum einen Druck h erzeugt, so wird das Herz seine Contraction vollendet haben so wie das Product aus der Herzfläche f'' in den Druck h, also $f''h$ dem durch E angeregten Contractionsbestreben das Gleichgewicht hält. Da nun h in Anbetracht dass es in der Manometerröhre vom Radius r erzeugt wird offenbar $\frac{f-f''}{r^2}$ proportional ist, so wird auch E durch Function $\frac{(f-f'')}{r^2}f''$ auszudrücken sein; oder in Worten: es hängt der Werth h, welcher durch die Erregung E herbeigeführt wird, u. A. auch ab von der Ausdehnung f, welche das Herz besass als die Reizung eintraf, und demnächst auch von dem Radius r der Manometerröhre. In dem vorliegenden Versuch wird sich nun sowohl die ursprüngliche, wie wir voraussetzen elastische Spannung als auch die durch die Zusammenziehung erzeugte Spannung im Manometer ausdrücken. Bedeutet nun h (proportional f) die elastische und h' die durch die Contraction herbeigeführte Spannung, so ist aus

Fig. 1.

den Eigenschaften der Volum- und Flächenänderung des Herzens ohne Weiteres ersichtlich dass bei gleichem E mit dem Werthe von f und dem ihm proportionalen Werthe h bis zu gewissen Grenzen h' wachsen wird. — Die Richtigkeit dieser Auseinandersetzung lässt sich leicht durch den Versuch nachweisen (Fig. 1). Zu diesem Ende fülle man ein Froschherz mit Serum so weit, dass in der Pause das Quecksilber auf den Stand H über seine Gleichgewichtslage $g\ g$ steige. Bei dieser Füllung führt das Herz Contractionen aus, die bei vollendeter Systole das Quecksilber auf die Höhe h' heben. Nun lasse man einige Tröpfchen Serum ausfliessen, so dass die Ruhespannung sich auf H' senkt, augenblicklich wird die Excursion nur bis zu h'' steigen, u. s. f. bis h''', h^{IV}, h^{V}, d. h. es wird jedesmal die Excursion sinken, so wie die Füllung des Herzens verringert ist. Augenblicklich aber kehrt die frühere Excursion h' wieder, wenn man das Herz, bei h^{V}, wieder so weit mit Serum gefüllt hat, dass die bei h' vorhandene Spannung des ruhenden Herzens H erreicht ist.[1]) — Nähert sich die Spannung des ruhenden Herzens mehr und mehr derjenigen welche der Reiz überhaupt zu überwinden vermag, so mindert sich selbstverständlich mit dem wachsenden Druck im ruhenden Herzen die Excursion.

Aus alle diesem folgt, dass die vom Herzen an das Manometer abgegebene Arbeit nur dann zur Schätzung des Reizes verwendet werden kann, wenn die Zusammenziehungen des Herzens von immer gleichen Drücken ihren Anfang nehmen. Ist aber dieser Bedingung genügt, so wird, wenn auch alles Andere unverändert geblieben, mit Sicherheit zu schliessen sein, dass von zwei Herzschlägen, die ungleiche Hübe ausgeführt ha-

1) Diese Figur verdanke ich der Güte des Herrn Dr. *Bowditch*.

ben, der weniger arbeitende auch von einem schwächern Reize ausgelöst worden sei.

Diese durch die Erfahrung bestätigten Erwägungen gaben die Veranlassung zur Aufstellung des Serumgefässes *A* (s. die Tafel). Während jeder Versuchsreihe wurde der Inhalt desselben auf möglichst gleichem Niveau erhalten, nach jeder Versuchsreihe wurde der Zufluss aus *A* unterbrochen und die Klemme bei *F* eröffnet, so dass sich das Herz entleeren konnte; vor Beginn einer neuen Beobachtung ward das Herz mit frischem Serum durchgespült. Dann wurde die Klemme bei *F* geschlossen, die Verbindung mit *A* dauernd hergestellt und das Aufschreiben von Neuem begonnen. Das Herz wurde jedesmal soweit gefüllt, dass während der Systole noch eine merkliche Formänderung eintrat, dass dagegen nach Beendigung derselben in dem Herzen noch ein nicht unbeträchtlicher Serumtheil verblieb; unter diesen Umständen nehmen die Excursionen des Quecksilbers einen bedeutenden Umfang an und die von dem Herzen entwickelten Kräfte werden vollständig auf dasselbe übertragen, da zu allen Zeiten noch Serum vorhanden ist um in das Manometer übergeführt zu werden.

Bei der Anwendung dieser Vorsichtsmaassregeln erhält man nun vom Froschherzen Schlagcurven, die an Regelmässigkeit nichts zu wünschen übrig lassen; jeder folgende Schlag erhebt sich von derselben Höhe über der Nulllinie wie der vorhergehende und jeder steigt genau in derselben Weise zu demselben Maximum und sinkt in gleicher Art wieder herab.

An einer Reihe von dieser Beschaffenheit wird man also leicht erkennen ob und nach welcher Richtung hin sich die Reize geändert haben, die zwei aufeinander folgende Schläge veranlassten.

Gründe, die im Verlaufe dieser Mittheilung hervortreten, machen es nun aber wünschenswerth auch noch unter weniger beschränkten Bedingungen aus dem Umfang der Zusammenziehung auf die Grösse des veranlassenden Reizes schliessen zu können. Unter bestimmten Umständen ereignet es sich nämlich, dass der Stand des Quecksilbers, der beim Wiederbeginn eines Schlages vorhanden, ein anderer ist, als er beim vorhergehenden oder folgenden Schlage gewesen und geworden. — Auch wenn die Menge des Serums, welche das Herz und das Manometer zugleich füllt, unverändert geblieben ist, kann sich die

Spannung des ruhenden Herzens ändern; namentlich geschieht dieses entweder wenn die Pausen zwischen je zwei Systolen ihre Dauer, oder wenn die Systolen selbst ihre Hubkraft ändern. Verlängerung der Pause und Minderung der Hubhöhe wirken hier im gleichen Sinne, denn beide erniedrigen den Stand des Quecksilbers zu Ende der Diastole. Um dem Leser ein Bild von der Erscheinung die sich hier darbietet zu gewähren, verweise ich ihn auf Fig. 2 u. 3 (S. 375).

Die Ursachen, wesshalb sich das Quecksilber in der Pause seiner Gleichgewichtslage nur allmählig nähert, kann bei dem geringen Widerstand in den Verbindungsstücken zwischen Manometer und Herz nur in den Widerständen des letztern gelegen sein; und diese selbst können nur ihre Erklärung finden in der geringen Geschwindigkeit mit welcher die Herzwand aus dem zusammengezogenen in den erschlafften Zustand übergeht. Wenn nun zwei Schläge beim Beginn ihres Auftretens das Quecksilber auf ungleicher Höhe finden, so entsteht die Frage, wie hoch würde, gleichen Reiz vorausgesetzt, jeder derselben das Quecksilber schliesslich heben. Eine aus Analogien mit andern Muskelversuchen geschöpfte Antwort lässt sich nicht geben. Zunächst wäre es nämlich möglich dass das Gewicht, welches bei kleinerem Druck auf der Herzfläche lastet, nicht wesentlich geringer ausfiele als bei grösserem, weil sich das Herz ausgedehnt haben muss um den Inhalt des Manometers aufzunehmen, somit könnten sich Druck und Herzfläche, die beiden Factoren der Herzlast, compensirt haben. Offenbar ist aber nun anderseits die Herzwand bei höherem Druck härter als bei niederem und es tritt somit der beim gewöhnlichen Muskelversuch nicht mögliche Fall ein, dass die Spannung des ruhenden Muskels grösser bei geringerer als bei stärkerer Dehnung ist. Die Analogie zwischen dem Herzen und dem Muskel könnte letztern Falls nur aufrecht erhalten werden, wenn man das Herz auch zu Ende der Pause als ein noch in schwacher Contraction befindliches ansehn wollte. Je nach der zu Grunde gelegten Annahme würde man also die oben gestellte Frage nach dem Hub bei gleichem Reize entweder dahin beantworten, dass das Herz zu Ende der Systole das Quecksilber immer auf gleiche Höhe bringe, weil dann dieselbe Endspannung der Faser, welcher der Reiz das Gleichgewicht zu halten vermöge, erreicht sei, oder man würde behaupten, das Herz hebe das Quecksilber um gleiche

Werthe, weil dann der Reiz jedesmal gleiche Arbeit geleistet habe; im erstern Fall würde also der Hub, den das Quecksilber erfahren, ungleich gross aber sein Abstand von der Gleichgewichtslage gleich hoch gewesen sein, im andern Fall würden umgekehrt die Hübe gleich gross aber die Abstände der höchsten Höhe von der Nulllinie ungleich geworden sein.

Wie die Schlüsse aus Analogie so versagen auch die welche man aus den Herzbewegungen selbst zu entnehmen sucht, insbesondere darum, weil wir kein anderes Kennzeichen für die Gleichheit der Reize besitzen, als die Leistung gleicher Arbeit von gleicher Anfangsdehnung. Immerhin scheint es aber zulässig anzunehmen, dass wenn bei geringen Unterschieden in der Anfangsdehnung sehr beträchtliche Unterschiede in der Arbeit sichtbar werden, dieses auf eine Verschiedenheit der Reize deute. Dieser Schluss findet darin eine Unterstützung, weil auch bei geringen Unterschieden der Gesammtfüllung die Arbeit sehr annähernd gleich zu sein pflegt. Beispiele hierfür werden im Verfolg dieser Mittheilung noch vorkommen.

Nach dieser Auseinandersetzung komme ich zur Darstellung der Ergebnisse meiner Versuchsreihen. In der ersten derselben ward vorzugsweise darüber Auskunft gesucht, ob durch eine Reizung des *n. vagus* die Summe der Herzarbeit vermindert oder nur anders auf die Zeit vertheilt sei. Niemanden wird es je zweifelhaft gewesen sein, dass während der bestehenden Erregung des *n. vagus* die Herzarbeit eine Verringerung erlitten habe; fraglich konnte es nur sein, ob unmittelbar auf den Moment, in welchem die Erregung des *n. vagus* verschwunden ist, eine Periode folge, in welcher der Arbeitsverlust wieder ausgeglichen wird der während der Vaguserregung entstanden war. Die Beobachtungen am Säugethier-Herzen sprechen nun auch scheinbar für eine solche Ausgleichung, denn in der Regel kehrt der Puls nach der langen durch den *n. vagus* bewirkten Pause in sehr kräftigen Schlägen wieder, die den tief abgesunkenen Blutdruck rasch wieder emporheben. Diese Erscheinung kann aber, wie schon *Donders* bemerkt, auch erklärt werden aus der reichlicheren Füllung des Herzens bez. der Brustvenen, welche in der langen Pause bewerkstelligt wurde. — In meinen Versuchen an Froschherzen, in welchen die Unterschiede der Füllung keine Rolle spielen können, zeigt sich nun nichts, was zu Gunsten einer späteren Ausgleichung spräche. Denn wenn die

Wirkungen des erregten *n. vagus* erloschen sind, so kehrt in weitaus den meisten Fällen der Schlag zu der Stärke und Häufigkeit zurück, welche er vor der Vagusreizung besessen hatte. Nur in einigen wenigen Fällen wurde die Quecksilbersäule nach erloschener Erregung des *n. vagus* etwas höher gehoben als dieses vor Eintritt derselben geschehen war. Doch war das Maass an Arbeit, welches hierdurch gewonnen wurde, nicht im Stande den Verlust zu decken, der während der Erregungsperiode entstanden war.

Kaum wird die Bemerkung nöthig sein, dass der Arbeitsverlust grösser wurde wenn die Reizung anhaltender und stärker gemacht worden war.

Die tabellarische Zusammenstellung einiger Versuche (siehe nächste Seite) wird die soeben hingestellten Sätze bestätigen. Zum Verständniss der Zahlen diene: In dem ersten Stabe stehen die Nummern der aufeinander folgenden Herzschläge; in dem zweiten die Zeit in Secunden in welcher der Herzschlag ablief, vom Beginn seiner Systole bis zum Beginn der Systole des nächsten Schlages; in dem dritten ist verzeichnet die Höhe in M. M., die das Quecksilber in seiner Ruhelage einnahm am Ende der Herzpause des vorhergehenden Schlags, mit andern Worten die Spannung, unter welcher sich die Herzwand befand als der Schlag begann; im vierten Stabe, unter Hubhöhe, steht der Stand des Quecksilbers in M. M., den es am Ende der Systole erreicht hatte, diese letztere Höhe ist von dem Ausgangspunkt der Bewegung an gemessen, mit andern Worten: die Zahl giebt an wie weit durch die Systole die Quecksilbersäule über den tiefsten Punkt in der vorhergehenden Herzpause gehoben wurde. Die fünfte Reihe enthält das Quadrat der vorhergehenden Zahl; sie giebt also das proportionale Maass der durch den Schlag geleisteten Arbeit. — Der Zeitpunkt der beginnenden Reizung ist durch †, der beendeten durch o bezeichnet.

[illegible]	[illegible]	„	26.2	1169	4704
[illegible]	[illegible]	„	„	1169	5.8
[illegible]	[illegible]	„	26.6	1163	= 811
[illegible]	[illegible]	„	„	1153	

Die Betrachtung der Zahlen in der vorstehenden Zusammenstellung, durch welche die Arbeit des Herzens ausgedrückt wird (Stab 5 u. 6), lässt erkennen, dass während und unmittelbar nach der Reizung des *n. vagus* sowohl die in der Zeiteinheit als auch die vom einzelnen Schlage geleistete Arbeit bedeutend herabgesetzt ist. Auf die Periode, in welcher die Arbeit geringer als vor der Reizung war, folgt eine andere, in welcher sie grösser werden kann als sie vor der Reizung gewesen. Dieses findet sich in der vorstehenden Tabelle während der Zeit, in welcher die Schläge 18 bis 31 ausgeführt wurden. In diesem Zeitabschnitt steigt die von dem einzelnen Schlage ausgegebene Arbeit zunächst an und sinkt alsdann mit der wachsenden Schlagzahl wieder auf den Werth herab, welcher vor der Reizung vorhanden gewesen, dafür aber verlängern sich die Pausen, welche zwischen je 2 Schlägen auftreten. Dieser Combination kräftigerer aber seltner Herzschläge ist es zuzuschreiben, dass auch in diesem Zeitraum die Herzarbeit in der Zeiteinheit nur um wenige Procente grösser wird als sie vor der Reizung gewesen ist, namentlich aber dass der Ueberschuss, der hier zu Tage tritt, durchaus nicht genügt um den Ausfall zu decken, welcher während und unmittelbar nach der Reizung entstanden war.

Die Erscheinungen, welche nach der zweiten beim Schlag 31 eintreffenden Reizung eintreten, zeigen wiederum einen um mehr als die Hälfte verminderten Werth der mittleren Arbeit, aber sie lassen das Ansteigen der Letzteren vermissen nachdem die Periode der Nachwirkung erloschen ist.

Mit diesem ausführlich dargelegten Befund stimmen nun zahlreiche Beobachtungen überein, die ich an verschiedenen Herzen im Verlauf von drei Sommermonaten ausgeführt habe. Zuweilen findet sich, nachdem die herabsetzende Wirkung der Vagusreizung erloschen, eine kurze Periode mit kräftigeren Herzschlägen. Häufiger noch fehlt diese Erscheinung, aber auch da wo sie auftrat genügte der Ueberschuss, den das Herz an Arbeit gab, niemals auch nur annähernd um den Verlust während der vorausgegangenen Erregungsperiode zu decken.

Obwohl die Erscheinung, dass sich zu einer gewissen Zeit nach beendigter Vagusreizung die Arbeit des einzelnen Schlages über das Maass erhöht, welches vor der Reizung bestanden hat, ernstlicher Weise wohl nicht dazu benutzt werden kann, um die Annahme zu stützen, dass die geringere Summe von Reizen,

welche während der Vaguserregung ausgegeben werden, sich ausgleiche durch das grössere Maass der später ausgegebenen, so verdient die genannte Thatsache doch die volle Beachtung. Irre ich nicht, so reiht sich dieselbe an die Beobachtungen an, welche *Czermak* und *v. Piotrowsky* [1]) am ausgeschnittenen Herzen vom Kaninchen gewonnen haben. An einer sehr umfänglichen Versuchsreihe gelangten sie zu Mittelwerthen, welche deutlich darauf hinweisen dass die Zahl der Schläge, welche das ausgeschnittene Herz des Thieres bis zum vollen Absterben ausführte, am grössten war, wenn die *n. vagi* unmittelbar vor dem Tod des Thiers gereizt waren, kleiner, wenn die genannten Nerven des Thieres nicht gereizt gewesen, und am kleinsten, wenn die *n. vagi* schon vor dem Tode des Thieres durchschnitten waren. Die Aehnlichkeit dessen, was ich am Froschherzen beobachtet habe mit den eben wiedergegebenen Thatsachen scheint mir einleuchtend und die Erklärung für dieselben glaube ich suchen zu müssen in der Erholung, welche die Nerven und Muskeln des Herzens während der absoluten und relativen Ruhe gewonnen haben, die durch den erregten *n. vagus* eingeleitet wurde. Jedenfalls genügt diese Annahme, um es begreiflich zu machen dass das Herz auch ohne eine Aenderung in den Reizen während einer kurzen Zeit nach dem Ablauf der Vaguserregung stärkere Schläge auszuführen vermochte.

Dieser Versuch, die Thatsachen zu deuten, reicht jedoch nicht vollständig aus, um den ganzen Kreis der secundären Vaguswirkung zu erklären. In dem Tab. I vorgelegten Vorgang werden die einzelnen Schläge nicht allein kräftiger, sondern sie folgen einander auch seltner, und was hier vorkommt, findet sich auch öfter in andern ähnlichen Fällen. Der Einfluss, der sich schon hierdurch auf die Auslösung der Reize darstellt, wird aber unter bestimmten Umständen noch viel augenfälliger. — Es giebt, wie bekannt, Zustände des Herzens, in welchen nicht alle Schläge von gleicher Dauer oder gleicher Kraft sind, namentlich aber kommt es öfter vor, dass diese Unregelmässigkeiten periodisch wiederkehren, so z. B. dass abwechselnd ein kurzer und schwacher Schlag und ein längerer und kräftigerer auftritt. Wenn an einem Herzen, das diese Art des Schlagens innehält, durch eine Reizung des *n. vagus* eine längere Pause

1) Wiener Sitzungsberichte 25. Bd. S. 431.

eingeleitet wird, so kehren, wie ich drei Mal gesehn, die Schläge nach der Pause als durchaus regelmässige zurück, dieses jedoch nur für kurze Zeit; denn schon nach wenigen Schlägen, welche einander gleich waren, stellt sich das Alterniren von einem kleinen und einem grossen wieder ein. Diese Thatsachen weisen darauf hin, dass die Nachwirkung der Vaguserregung sich auch in dem Vorgang auspräge, welcher bei der Entstehung der Herzreizung betheiligt ist. Hierbei bleibt es jedoch unentschieden, ob die Ruhe für sich allein wirksam war oder ob man dem *n. vagus* einen unmittelbareren Antheil zuzuschreiben hat.

Die Zahlen 11 bis 17 und 32 bis 47 in der Tabelle p. 370 zeigen aber noch eine andere, soweit mir bekannt bisher nicht beachtete Erscheinung. Diese besteht wie man sieht darin, dass das Herz während der vorhandenen Vaguserregung nicht blos seltener sondern auch schwächer schlägt.

Aehnliches wie in dem vorliegenden Beispiel findet sich nun allerdings nicht immer, aber doch sehr häufig. Um nach dieser Richtung hin einen Ueberblick über das Ergebniss meiner Beobachtungen zu gewinnen, leite ich die nachstehenden Wirkungsformen aus ihnen ab:

a. In Folge der Reizung verlängert sich die Pause; während derselben sinkt der Quecksilberstand tiefer als er in der vorhergehenden kürzeren Diastole herabgestiegen war; kehrt der Schlag wieder, so erhebt sich das Quecksilber zu Ende der Systole genau auf den Stand, den es vor der Reizung erreicht hatte, und es folgen nun mit dem Unterschiede, dass noch einige Pausen länger als vorher sind, Schläge von genau derselben Art wie sie vor der Reizung waren. Eine Anschauung von diesem Vorkommen gewährt die in Holzschn. 2 gegebene Abbildung, welche wie die frühere von der durch das Herz selbst gelieferten Curve abgepausst ist. In diesen unter meinen Beobachtungen seltenern Fällen lässt sich also mindestens während der Erregung des *n. vagus* keine Verminderung der Reize nachweisen, welche den Herzschlag auslösen. Eher wäre an das Gegentheil zu denken; doch lässt sich auch hierüber keine Gewissheit erhalten.

b. Eine zweite viel häufigere Erscheinung bietet sich ähnlich dem in Fig. 3 vorgelegten Falle. Mit dem Eintritt der ersten längern Pause sinkt die Spannung des ruhenden Herzens ab und es erhebt sich der nächste Schlag nicht mehr so hoch wie der vorhergehende, wobei die Excursion gleich gross bleiben oder auch kleiner ausfallen kann. Wird dann in Folge der dauernden Reizung die Pause noch länger, so sinkt das Quecksilber dem Nullpunkt bis zum Erreichen desselben näher, und wenn jetzt ein Schlag erscheint, so ist sein Hub ein sehr viel schwächerer. Werden von da ab die Schläge wieder häufiger, so hebt sich sowohl die Excursion als auch der Druck in der Herzruhe und es nähert sich mit jedem folgenden Schlage die Excursion und der ruhende Druck den vor der Reizung vorhandenen, bis beide erreicht sind oder vorübergehend um ein Kleines überschritten werden.

Fig. 2.

Fig. 3.

c. Nicht selten ereignet es sich auch, dass die erste Wirkung, welche die Vagusreizung hervorbringt, in einer Erniedrigung der Excursion besteht. Beispiele geben Fig. 4 u. 5. Bei dem verticalen Strich fiel die Reizung, eine schwache Tetanisirung, ein. Die untere Horizontallinie giebt die Gleichgewichtslage des Quecksilbers. Der obere horizontale Strich ist gezogen um die Höhen des Quecksilberstandes während der Systole besser vergleichen zu können. In solchen Fällen erhebt sich während der ersten Systole nach wirksam gewordener Vaguserregung das Quecksilber weniger als es vorher geschah, trotzdem dass die vorhergehende Pause nicht länger und der Stand des Quecksilbers in der Herzruhe nicht niedriger war. In Folge dieses niedrigern Schlags und seiner meist längeren Pause wird nun der Stand der Ruhespannung am Ende der Diastole ein geringerer und dann der darauffolgende Schlag noch weniger kräftig. So wie das Absinken bei steigender, so erfolgt auch wieder das Anwachsen bei verschwindender Erregung des *n. vagus*, und hier kommt es ebenfalls öfter vor, dass die Ruhespannung nicht abweicht von der vor aller Erregung vorhanden gewesenen, während doch die Hubhöhe der Systole eine geringere als vorher ist.

Fig. 4.

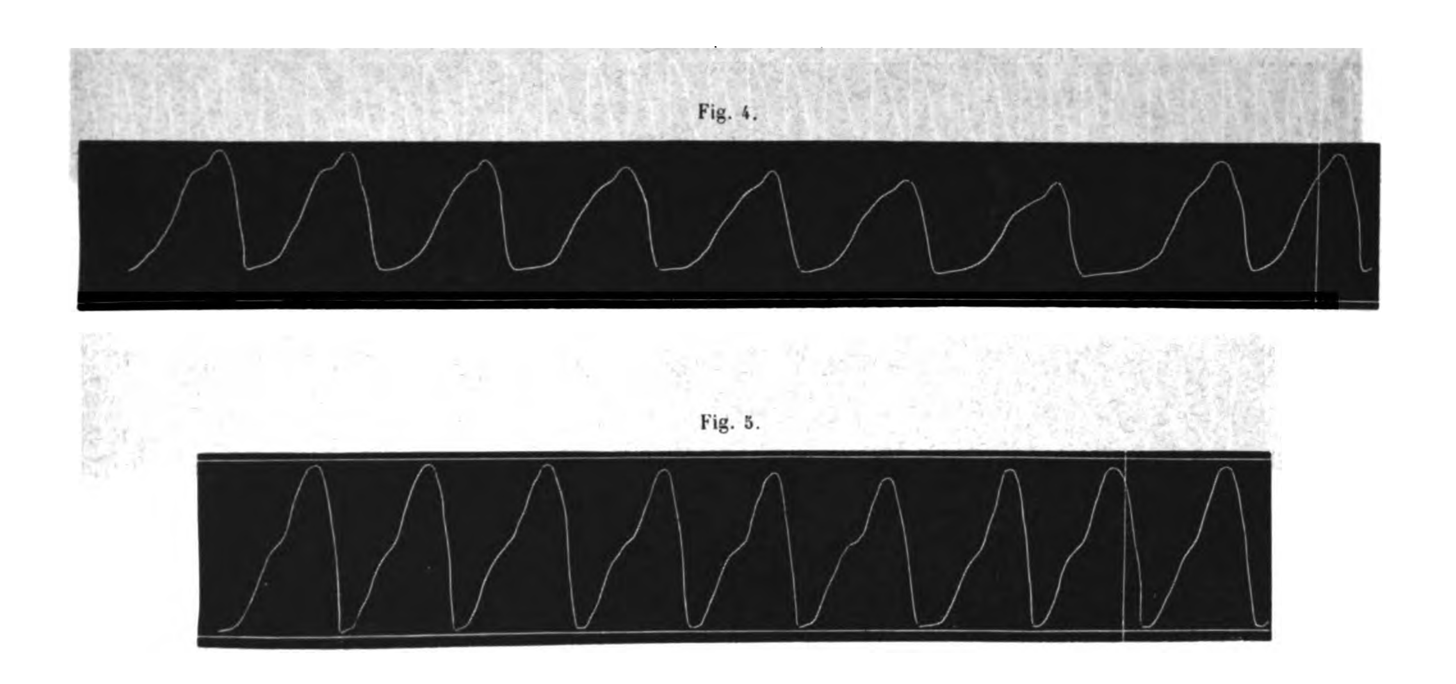


Fig. 5.

d. In andern aber seltenen Fällen kommt es endlich auch vor, dass bei fortgesetzter Vagusreizung die Pausen überhaupt nicht länger werden, während die Excursionen und der Druck des ruhenden Herzens niedriger werden. Beispiele geben hierfür Fig. 6 u. 7.

Zahlenbelege für das wesentlichste der eben gegebenen Mittheilungen sind in den Tabellen II und III, IV und V enthalten.

Fig. 6.

Fig. 7.

Tabelle II.

No.	Schlagzeit in Secunden	Druck der Herzruhe	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
1	—	—	—	—
2	1.6	4.7	23.0	529
3	1.4	4.5	22.8	519
4	1.5	4.7	»	519
5	1.3	4.7	22.7	515
6	1.4	4.5	22.5	506
7	† 1.4	4.7	22.3	497
8	1.7	4.7	21.3	453
9	o 12.0	2.8	17.3	299
10	2.0	0.0	4.9	24
11	1.8	1.6	5.7	32
12	1.5	1.9	6.5	42
13	1.7	2.3	8.5	72
14	1.9	3.0	10.5	110
15	1.8	3.2	12.8	163
16	1.7	3.4	15.2	231
17	1.6	3.4	17.1	292
18	1.6	3.6	19.4	376
19	1.6	3.8	21.0	441
20	1.6	3.8	22.0	484
21	1.7	4.0	23.0	529
22	1.7	4.2	23.0	529
23	1.7	4.6	23.0	529
24	1.7	4.6	23.0	529
25	1.7	4.8	22.7	515
26	1.5	4.8	22.8	519
27	1.6	5.1	22.0	484
28	† 1.6	5.1	21.4	457
29	o 9.4	5.1	19.0	361
30	1.8	0.0	4.2	17
31	1.7	1.2	5.7	32
32	1.6	1.9	7.6	57
33	1.7	2.5	9.5	90
34	1.8	2.5	12.4	153
35	1.8	2.3	15.2	231
36	1.8	2.3	17.1	292
37	1.8	2.7	19.0	361
38	1.5	2.8	20.0	400
39	1.6	2.8	21.0	441
40	1.8	3.0	21.0	441
41	1.7	3.2	21.2	449
42	1.6	3.8	21.0	441
43	1.7	4.0	21.0	441
44	1.7	4.0	21.0	441
45	1.5	4.0	21.0	441

Tabelle III.

Nr.	Schlagdauer in Secunden	Spannung des ruhenden Herzens	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
1	2.4	1.9	35.8	1281
2	1.6	2.3	36.0	1296
3	1.3	9.9	28.5	812
4	1.3	9.4	25.3	640
5	1.3	8.7	26.6	707
6	1.2	8.3	26.6	707
7	1.3	8.7	26.6	707
8	1.6	8.2	26.6	707
9	1.3	8.5	26.4	696
10	1.2	8.4	26.0	676
11	1.4 –	8.5	25.4	645
12	11.7 [illegible]	8.0	22.4	501
13	2.0	1.6	8.2	67
14	1.4	1.8	22.8	519
15	1.6	7.6	20.6	424
16	1.3	8.0	22.4	501
17	1.3	8.2	24.7	610
18	1.6	9.3	26.3	691
19	1.3	9.1	27.0	729
20	1.3	9.0	28.2	795
21	1.6	8.8	28.5	812
22	1.3	9.0	28.5	812
23	1.3	9.1	28.5	812
24	1.3	9.3	28.7	823
25	1.3	9.3	28.2	795
26	1.3 –	9.3	28.5	812
27	12.4 [illegible]	9.3	24.2	585
28	1.3	1.4	17.3	299
29	1.6	6.7	19.0	361
30	1.3	7.6	22.3	497
31	1.3	8.0	24.7	610
32	1.6	8.6	26.6	707
33	1.3	8.6	28.5	812
34	1.6	9.3	29.5	870
35	1.3	?	?	?
36	1.6	4.6	31.6	998
37	1.6	4.8	32.0	1024
38	1.3	9.0	32.3	1043
39	1.7	9.3	32.8	1075
40	1.4	9.3	32.3	1043

Tabelle IV.

No.	Schlagzeit in Secunden	Druck in der Pause.	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
A 1	1.5	11.4	22.5	506
2	1.4	»	22.5	506
3	1.4	»	22.5	506
4	1.5	12.0	22.8	519
5	1.5	12.0	22.8	519
6	1.4	12.0	22.8	519
7	1.5	11.4	22.8	519
8	1.5 †	9.5	22.8	519
9	1.6	11.4	23.8	566
10	1.7	9.5	19.4	376
11	1.5	9.9	16.2	262
12	1.5	9.9	16.1	259
13	1.7	10.1	16.1	259
14	1.6	9.5	16.7	278
15	1.5 o	9.5	17.1	292
16	1.7	9.9	17.1	292
17	1.6	10.3	17.5	306
18	1.6	11.1	17.5	306
19	1.4	11.3	19.4	376
20	1.6	11.4	20.0	400
21	1.6	11.4	21.2	449
22	1.4	11.4	21.6	466
23	1.4	11.6	22.2	492
24	1.7	11.4	22.6	510
25	1.5	11.4	22.6	510
26	1.4	11.4	»	510
27	1.5	11.4	»	510
28	1.4	11.4	22.8	519
29	1.6	11.4	»	519
30	1.4	11.4	»	519
B 1	1.7	7.6	29.6	874
2	1.9	»	29.6	874
3	1.8	»	29.6	874
4	1.9	»	29.4	864
5	1.8	»	29.4	864
6	1.8 †	»	29.4	864
7	2.4	»	28.1	789
8	2.2	6.1	23.2	538
9	2.0	6.6	23.6	556
10	2.4 o	7.0	25.1	630
11	2.3	9.0	25.9	670
12	2.3	9.2	27.8	772
13	2.1	9.3	29.6	874
14	2.2	7.6	30.2	912
15	2.2	7.6	30.8	948
16	2.0	7.6	31.4	985
17	2.0	7.6	30.4	924
18	1.8	7.8	30.4	924
19	1.8	8.2	30.4	924
20	1.7	8.6	29.6	874

Tabelle V.

No.	Schlagdauer in Secunden	Druck in der Herzpause	Hubhöhe
1	1.0	5.7	27.0
2	1.3	»	»
3	1.3	»	»
4	1.4	»	»
5	1.1	»	»
6	1.1	6.1	»
7	1.1 ÷	5.7	28.3
8	1.1	6.1	25.7
9	1.1	5.7	29.3
10	1.3	5.3	24.1
11	1.2	5.1	24.1
12	1.5	5.1	24.1
13	1.3	4.9	23.7
14	1.3	4.9	24.7
15	1.0	4.7	23.3
16	1.3	4.4	23.5
17	1.4	4.6	23.5
18	1.6	4.7	23.3
19	1.4	4.6	23.3
20	1.3	4.7	23.1
21	1.9	4.6	»
22	1.3	4.7	»
23	1.3	4.6	»
24	1.3	3.8	»
25	1.4	4.2	23.0
26	1.1	4.6	»
27	1.4 o	4.2	»
28	1.4	4.2	»
29	1.3	4.0	»
30	1.3	4.4	23.3
31	1.3	5.2	23.7
32	1.3	»	25.0
33	1.3	»	26.0
34	1.3	»	»
35	1.4	»	»
36	1.1	»	26.8
37	1.1	»	27.2
38	1.4	»	27.2
39	1.3	»	27.2
40	1.2	»	27.8
41	1.4	»	27.8
42	1.3	»	27.8
43	1.3	»	27.8
44	1.4	»	28.1

Zu den beiden Zahlenbeispielen II u. III ist Folgendes zu bemerken. Sie sind demselben Herzen entnommen. Beide unterscheiden sich dadurch von einander, dass die ursprüngliche Füllung eine verschiedene war; aus dem in den Pausen vorhandenen Druck ist zu erkennen, dass die Füllung in II geringer war als in dem später entnommenen III. Dieser Unterschied drückt sich denn auch in den Excursionen aus, welche in II kleiner als in III sind. — In beiden Reihen ist zu beachten (siehe II 7 u. 8, 28 u. 29 und in III 11 u. 27), dass als die erste Folge der eingeleiteten Reizung, also noch vor der Verlängerung der Pause und dem Herabgehn des Drucks in der Herzruhe die Excursionen kleiner werden. — Ausserdem findet sich durchweg, wenn auch in ungleichem Maasse, das allmählige Ansteigen der Excursion und des Drucks der Herzruhe nach der langen Pause, siehe II von 10 bis 20 und ferner vom 30. zu dem 45. Schlag und in III vom 13. zum 17. und vom 26. zum 31. Schlag. — In III kommt auch ohne Zuthun einer electrischen Vagusreizung 1. u. 2. die Erscheinung vor, dass nach längerer Pause mit tiefem Sinken der Spannung in der Herzruhe ein Schlag mit grösserer Excursion als später erscheint, wo die Pause kürzer und der Druck während der Herzruhe höher geworden war.

Die Tabelle IV namentlich aber V enthält genauere Angaben über die Erscheinung, welche oben unter *d* aufgeführt und durch die Holzschnitte 6 u. 7 versinnlicht ist; siehe von Schlag 7 bis zu 36.

Die vorstehenden Mittheilungen dürften keinen Zweifel darüber lassen, dass der erregte *n. vagus* die Arbeit des Herzens nicht bloss dadurch herabsetzt, dass er die Schläge seltener erscheinen lässt, sondern auch dadurch, dass er die Stärke des einzelnen Schlages vermindert. Aus der besonderen Art, unter der dieses Auftreten stattfindet, geht auch mit Sicherheit hervor, dass die Ursache für die Minderung der Herzarbeit in einer Herabsetzung der inneren Herzreize zu suchen sei. Denn welchen andern Erklärungsgrund für den Unterschied in der Arbeit

zweier Schläge könnte man vorführen, wenn beide bei gleicher Reizbarkeit des Herzens von gleicher Füllung und gleichem Härtegrad des Herzens ausgegangen sind.

Obwohl nun allerdings die letzteren Fälle die einzigen sind, aus denen mit Sicherheit auf eine Abstumpfung der inneren Herzreize durch den *n. vagus* geschlossen werden kann, so begründen zahlreiche andere mindestens eine grosse Wahrscheinlichkeit für das genannte Verhalten unseres Nerven. Hierher gehören Fälle wie diejenigen, von denen in Tabelle V und Fig. 7 ein Beispiel vorgelegt ist, denn in diesen kann das Sinken der Spannung des ruhenden Herzens, welches während der dauernden Vagusreizung eintritt, nur geschoben werden auf die schwächeren Excursionen die die Herzschläge ausführten, keineswegs aber würde ohne Weiteres der umgekehrte Zusammenhang zu statuiren sein. Nicht minder wahrscheinlich ist es auch, dass die in Tabelle II und III bez. in Fig. 3 vorgeführten Typen, in welchen nach einer längeren Pause die Schläge mit geringerer Kraft beginnen, von schwächeren Reizen angeregt waren. Wollte man die niedrigen Excursionen, die nach der längeren Pause auftreten, aus einer verminderten Spannung des Herzens in der Ruhe ableiten, so würde das auffallende Vorkommen unerklärt bleiben, welches sich bei einer Vergleichung gewisser Zahlen in Tabelle II und III herausstellt. Die Zahlen beider Tabellen sind von demselben Herzen geliefert worden, und die Vorrichtungen der Versuche unterschieden sich in beiden Beobachtungsreihen nur dadurch, dass in II die ursprüngliche Füllung geringer war als in III; in Folge hiervon war die Excursion des normal schlagenden Herzens in III um einige Millimeter höher als in II; als aber in III der *n. vagus* gereizt und hierdurch eine längere Pause erzielt wurde, sank auch in III die Spannung der Ruhe auf Werthe herab, wie sie in II vorkamen. Man hätte jetzt erwarten sollen, dass auch die Excursionen auf die normalen von II herabgegangen wären, vorausgesetzt, dass der innere Herzreiz nicht herabgesetzt worden wäre. Aus einer Betrachtung der Schläge 15, 16, 29 und 30 ergiebt sich nun aber, dass jetzt die Excursionen noch kleiner als die normalen von II sind, trotzdem dass die Spannung in der Ruhe eine grössere war, als sie jemals in II vorkommt. Daraus scheint denn doch hervorzugehen, dass die Ursache der verminderten Excursionen in einem geringeren Reize, nicht aber in der ver-

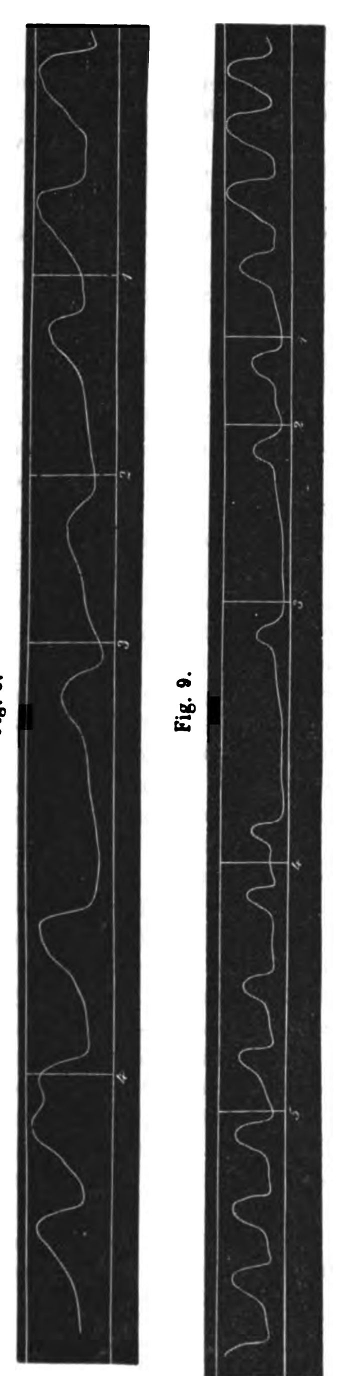
minderten Spannung zu suchen sei. — Der Grund des verminderten Reizes kann beim Froschherzen, dessen Kammer keine Blutgefässe besitzt, auch nicht abgeleitet werden aus einer Störung der Ernährung, so dass nach alledem nichts übrig bleibt, als eine unmittelbare Wirkung des *n. vagus.* Da nun auch die Verlängerung der Pausen die Reizung des *n. vagus* überdauert, so verstösst es nicht gegen die Analogie anzunehmen, dass auch die Wirkung, welche der *n vagus* auf die Schlagkraft des Herzens besitzt, allmählig verschwinde; hierfür treten denn auch ohne Weiteres die Fig. 6 u. 7 ein.

Schon oben wurde erwähnt, dass die Wirkung, welche der *n. vagus* auf die Kraft der Zusammenziehung übt, nicht jedesmal in die Erscheinung trete. Die nächste Aufgabe jedes weiteren Versuches würde demnach darin bestehen, zu ermitteln, unter welchen Umständen sie auftritt oder fehlt. Obwohl ich dieser Frage nachgegangen bin, so habe ich doch zu keiner Lösung derselben gelangen können, denn man wird es nicht für eine solche halten, wenn ich hervorhebe, dass die Individualität des Herzens hierbei eine wesentliche Rolle spielt; soviel steht nämlich fest, dass die den Reiz vermindernde Wirkung des *n. vagus* bei dem einen Herzen häufiger und stärker als bei dem andern auftritt. — Aus meinen Beobachtungen scheint ausserdem hervorzugehen, dass tetanische Reizungen sie leichter erzeugen, als ein einzelner Inductionsschlag, doch fehlt sie auch nach diesem nicht. Oefter ist es auch vorgekommen, dass in Folge der ersten Reizungen keine Verminderung der Excursionen, sondern nur eine Verlängerung der Pausen eintrat, während sie bei den späteren Erregungen desselben Nerven zum Vorschein kam. Hiernach könnte unsere Erscheinung mit der Ermüdung sei es des Nerven oder der reizenden Werkzeuge des Herzens in Verbindung gebracht werden.

Ein Herz, das von einer Vaguspause befallen ist, kann bekanntlich zu einem vollkommen normal ablaufenden Schlage geweckt werden, wenn ein beschränkter Theil seiner Oberfläche auch nur berührt wird; diese totale, vom Vorhof zur Kammer fortschreitende Bewegung, welche von einem engumgrenzten Reize ausgelöst war, hat man, so lange sie bekannt ist, als eine reflectorisch bedingte angesehn. — Unter dieser Voraussetzung würde es bemerkenswerth sein, wenn die Vagus-

reizung gar keinen Einfluss auf die Art ihres Erscheinens übte. Ich war gerade im Begriff mir hierüber Aufschluss zu verschaffen, als mich unvorhergesehene Umstände nach Hause riefen; aus diesem Grunde kann ich nur die Beobachtungen vorlegen, welche an einem Herzen gewonnen sind; die Absicht, die ich hiermit verbinde, kann nur die sein, den Gegenstand weiterer Aufmerksamkeit zu empfehlen.

Der Versuchsplan bestand darin, das Herz bei bestehender oder abwesender Vagusreizung in einer beschränkten Stelle mit sehr annähernd gleichen Reizen zu treffen und die Arbeit der beiden unter verschiedenen Bedingungen entstandenen Schläge zu vergleichen. Ich verkenne die grossen Schwierigkeiten nicht, welche sich der Ausführung meines Vorhabens entgegenstellen, und ich weiss dass die Anordnung meines Versuchs nicht fehlerfrei ist, dennoch scheint mir das gewonnene Resultat wegen seiner Deutlichkeit der Mittheilung werth. — Als Reizmittel benutzte ich einen Inductionsschlag, der dem durch das Serum weit ausgedehnten Ventrikel aus nahe zusammenstehenden Electroden zugeführt wurde. Der Schlag traf das Herz einerseits in verschiedenen Perioden der Vagusreizung (beginnender, voll ausgebildeter und verschwindender) und anderseits auch das nicht vom *n. vagus* angeregte Herz; hierbei fand sich nun, dass allerdings die Erregung des *n. vagus* von einem Einfluss auf die Grösse der Excursion, beziehungsweise auf das Maximum der vom Herzen erreichbaren Zusammenziehung war. Die Grösse derselben war nämlich so beschaffen, wie man sie unter den gegebenen Umständen auch ohne Hinzutreten eines äussern Reizes hätte erwarten sollen; bei wachsender Vaguserregung, die sich durch die lange Pause ausdrückte, erzielte die Erregung einen niedrigen Hub, bei wieder verschwindender dagegen einen beträchtlicheren; war durch eine sehr starke Vaguserregung eine sehr anhaltende Pause hervorgerufen, und wurde in derselben mehrmals hintereinander und zwar in secundenlangen Abständen das Herz gereizt, so waren alle Schläge gleich hoch, dabei aber so niedrig, wie sie beim Wiederbeginn nach einer langen Pause zu sein pflegen, mit einem Worte, die Reihe der Herzschläge machte rücksichtlich ihrer Grösse den Eindruck, als ob diese letztere vielmehr von dem Zustande abhängig sei, in welchem sie durch den *n. vagus* versetzt worden, als von dem Reize, der sie getroffen hatte.



Die Figuren 8 u. 9, welche, durch den Storchschnabel verkleinert, zwei Curvenstücke des Versuchs wiedergeben, sollen den Inhalt der ebengegebenen Mittheilung versinnlichen. — In beiden Fällen fand eine tetanische Reizung des *n. vagus* statt, in Fig. 8 eine kürzere, in Fig. 9 eine längere. Während der Zeit, in welcher die Curven aufgeschrieben wurden, ward die äussere Herzfläche wiederholt gereizt; die Zeitpunkte, an denen dieses geschah, sind durch je einen senkrechten Strich bezeichnet; die horizontalen Striche haben die schon früher erklärte Bedeutung.

In Fig. 8 beginnt die Vagusreizung mit dem Anfang der Curve; sie endet in einer nicht genau bekannten Zeit etwa in der Mitte derselben. — Die Reizung der Herzfläche ruft jedesmal eine Zusammenziehung des Herzens hervor; der maximale Hub, zu welchem das Quecksilber gebracht wird, ist in der Höhe der Vagusreizung am geringsten; von da ab nimmt er nach beiden Seiten zu. — Als die Vaguserregung verschwunden brachte der Reiz (4) eine das gewöhnliche Maass der Zusammenziehung noch übersteigende Zuckung hervor.

In Fig. 9 beginnt die Vagusreizung kurz nach dem Anfang der Curve; sie schliesst etwas

über der Mitte derselben, in Folge der langen Reizung verbleibt eine sehr andauernde Nachwirkung. — Diese Curve giebt in Folge der Reizung der äusseren Herzfläche dasselbe Bild wie die frühere; sie verdient insofern besondere Beachtung, als sie nachweist, dass nicht bloss der maximale Hub sondern auch die Excursion der Zuckung niedriger war, die während der Vaguserregung durch einen äusseren Reiz veranlasst wird, selbst wenn sie von der nämlichen Ruhespannung ausgeht wie die normalen vor der Vaguserregung (Reiz 4).

Sind die Zuckungen reflectorisch, und setzt der *n. vagus* die Fähigkeit des Herzens innere Reize zu entwickeln herab, so ist die vorliegende Erscheinungsreihe eine selbstverständliche.

Aus mehrfachen Gründen schien mir auch die Bestimmung der Zeit wünschenswerth, welche zwischen dem Eintreffen des electrischen Reizes und dem Erscheinen des Schlages verstrich, um dieses Intervall mit Genauigkeit bestimmen zu können benutzte ich als Zeitmaass die Schwingungen einer Stimmgabel von *R. König*, welche 28 ganze Vibrationen in der Secunde ausführte. Aus der Zusammenstellung der 40 Reizungen, die ich an dem Herzen ausführte, liess sich eine gewisse Regelmässigkeit nicht verkennen; es zeigte sich nämlich, dass 30 Mal, also in 75% aller Fälle, der Zeitraum der latenten Reizung zwischen 0.2 und 0.3 Secunde fiel, und dass keinmal der Schlag früher als 0.14 und keinmal später als 0.47 Secunde erschien. Dieses Verhalten unterstützt die Annahme, dass die unter den vorliegenden Umständen auftretenden Herzbewegungen reflectorisch ausgelöste seien. Nur hierdurch dürfte der selbst in seinen minimalen Werthen lange Zeitraum verständlich sein, welcher zwischen Zuckung und Reizung verfliesst, und durch die Annahme eines Reflexes dürften die bedeutenden Abweichungen erklärbar sein, welche die Zeiträume bei verschiedenen Reizen darbieten. Das Auftreten spontaner Reize, die sich mit den äusseren kreuzen können, sind bei Erklärungsversuchen zwar ebenfalls im Auge zu behalten, aber mit Hilfe derselben lässt sich, wie mir scheint, doch nur die Abkürzung nicht aber die Verlängerung der latenten Reizungszeit erklären. — Ausdrücklich muss ich noch hinzufügen, dass meine wenigen Beobachtungen keine Veranlassung zu der Annahme geben, der *n. vagus* verhalte sich ähnlich zu den Zeiten der latenten Reizung, wie wir dieses seit *Türk* und *Setschenow* von gewissen

Hirntheilen für die vom Rückenmark ausgelösten Reflexe wissen. Damit soll selbstverständlich nicht gesagt sein, dass nicht sorgfältiger durchgebildete Versuche eine Analogie zwischen den Reflexen am Rückenmark und am Herzen herstellen könnten.

Da die Anordnung aller meiner Versuche Zeitbestimmungen mit sich brachte, so liessen sich ungesucht auch Erfahrungen über die latente Reizung des *n. vagus* sammeln. Zur Feststellung dieses Zeitwerthes habe ich ausserdem eine besondere Versuchsreihe ausgeführt.

Da die Wirkung des *n. vagus* nur erkannt werden kann aus der Veränderung, welche sie an dem Herzschlag hervorbringt, so wird es nur dann möglich sein über ihre Dauer eine genauere Aussage zu machen, wenn es gelingt, den Versuch der Art einzurichten, dass der erste Schlag, welcher nach der Reizung folgt, entweder schon hinausgeschoben oder an Stärke vermindert ist. Geschieht dieses nicht, verläuft der Schlag während dessen die Reizung stattfand normal zu Ende und erhebt sich der folgende zu der Höhe, welche vor der Reizung bestand, so wird die Bestimmung um nahezu den Zeitwerth eines ganzen Herzschlags unsicher; denn wenn, was nun der günstigste Fall, der auf die Reizung folgende Schlag eine längere Pause nach sich zieht, so ist es ganz willkürlich anzunehmen, dass die Reizung des *n. vagus* erst dann in Wirksamkeit getreten sei, nachdem die Pause diejenige Zeitdauer erreicht hat, welche ihr voraussichtlich zukommen würde, wenn überhaupt keine Erregung des *n. vagus* stattgefunden hätte. In der That giebt es kein Mittel, wodurch wir feststellen könnten, ob nicht der Vagusreiz schon in Wirksamkeit getreten ist unmittelbar nachdem der innere Herzreiz ausgelöst worden. Denn die Erscheinung, dass die Pause des betreffenden Schlags verlängert ist, beweist uns überhaupt nur, dass er in einer Zeit, welche kleiner als der zeitliche Ablauf eines normalen Herzschlages ist, eingetreten sei. Ausgehend von dieser Betrachtung, welche schon *Donders* seinen Bestimmungen zu Grunde gelegt hat, schien mir das Herz des Frosches vorzugsweise geeignet, um die Frage nach der Dauer der latenten Vagusreizung ins Klare zu bringen, und zwar darum, weil bei der gewöhnlichen Temperatur die Zeit, welche ein ganzer Herzschlag ausfüllt, 1.3 bis

1.6 Secunde zu dauern pflegt. Diese Periode würde nach den Erfahrungen von *Donders*, *Prahl* und *Czermak* hinreichend lang sein, um die Wirkung des n. vagus zur Entfaltung zu bringen, bevor der nächste auf ihren Eintritt noch unmittelbar nachfolgende Herzschlag ausgeführt ist.

Die Versuche, welche ich vorzugsweise zur Feststellung der latenten Reizung unternahm, habe ich ganz auf dieselbe Weise wie es *Donders* gethan in das Werk gesetzt. Als Reiz benutzte ich den Oeffnungs- oder den Schliessungsschlag eines grossen Inductors von *Siemens* und *Halske*. Dieser Apparat ward durch mehrere 2—3 Grove'sche Elemente gespeist; um die Stärke des Entladungsschlages abstufen zu können, schaltete ich zu der secundären Spirale eine Nebenschliessung ein und setzte in den Zweig, der durch die primäre Spirale des Inductors ging, eine Tangenten-Boussole. [illegible] darf man die Inductionsschläge [illegible] nehmen, wo sonst ein Uebertreten derselben auf das Herz nicht zu vermeiden ist, wie dieses ein stromprüfender auf das Herz gelegter Froschschenkel nachweist. Zur Markirung der Zeit diente die schon erwähnte Stimmgabel.

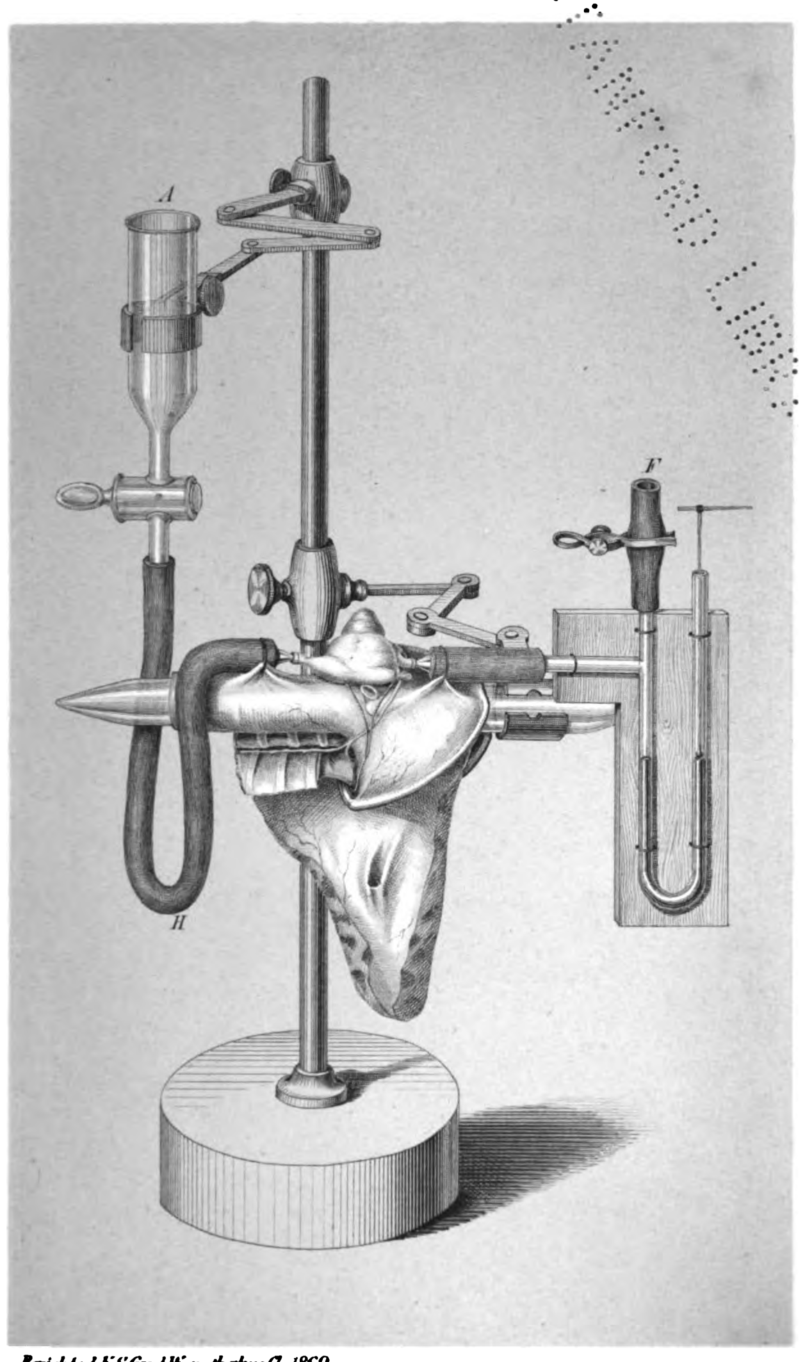
Bei der Anwendung dieser Einrichtung ist es mir nun auch sehr häufig gelungen, die Wirkung des Vagusreizes schon an dem nächsten auf ihn folgenden Schlage sichtbar zu machen, entweder dadurch, dass der nächstfolgende Schlag später auf den vorhergehenden erschien, als dieses ohne Vagusreizung an dem gebrauchten Herzen vorher und nachher geschah, oder auch dadurch, dass der nächste Schlag eine geringere Excursion als die vorhergehenden und nachfolgenden darbot. Als kürzesten Grenzfall der von mir beobachteten Zeiten stellte sich nun der folgende heraus: Die mittlere Schlagdauer betrug in der gewonnenen Curve 1.47 Secunde (vom Beginn einer Systole bis zum Beginn der nächsten gerechnet). Auf einen solcher Schläge traf die Reizung ein, nachdem 1.33 Secunde seit seinem Beginn verflossen war, nachdem also in runder Zahl 0.9 Theile der ganzen Schlagzeit abgelaufen; in Folge dieses Reizes verlängerte sich der Schlag auf 1.53 Secunde und der darauffolgende erhob sich um 1.5 Millimeter weniger hoch als die vorhergehenden und folgenden. Aus dieser Beobachtung würde also zu schliessen sein, dass die Zeit der latenten Reizung nicht länger als 0.14 Secunde betragen kann, eine Zeit die sehr nahe mit der von *Donders* am K[illegible] zu 0.16 Secunde gefundenen überein-

stimmt. An diesen glücklichsten Fall reihen sich andere an, welche nahezu denselben Werth angeben.

Damit scheint mir nun allerdings der Beweis geliefert, dass es Umstände giebt, unter welchen sich in einer Zeit, die nicht länger als 0.14 Secunde dauert, der Reiz des *n. vagus* wirksam zeigen könne, aber es ist damit noch nicht erwiesen, dass der Reiz jedesmal in dieser Zeit seine Wirksamkeit entfaltet habe. Meine Versuchsreihen weisen nämlich auch andere zahlreiche Beispiele auf, wo der Reiz viel früher als die angegebene Zeit vor dem nächsten Schlage erschien, ohne dass dieser später aufgetreten wäre oder eine geringere Excursion des Quecksilbers veranlasst hätte, Fälle, in welchen entweder erst die nächste Pause verlängert oder die zweitnächste Excursion vermindert wurde. Hier konnte also die Zeit der latenten Reizung nicht weniger als eine Secunde betragen haben.

Auf Grund dieser Erfahrungen schliesse ich, dass die Zeitdauer der latenten Reizung eine von mehrfachen Bedingungen abhängige sei, deren gesetzliches Verhalten noch aufzudecken ist.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



Berichte d. K. S. Ges. d. W. math. phys. Cl. 1869.
Zu Dr. Coats Abhandlung.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



BERICHTE

ÜBER DIE

VERHANDLUNGEN

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

ZU LEIPZIG.

MATHEMATISCH-PHYSISCHE CLASSE.

ZWEIUNDZWANZIGSTER BAND.

1870.

MIT ACHT TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.



INHALT.

Protector der Königlich Sächsischen Gesellschaft
der Wissenschaften

SEINE MAJESTÄT DER KÖNIG.

Ehrenmitglied

Seine Excellenz der Herr Vorsitzende des Gesammtministeriums und Staatsminister des Cultus und öffentlichen Unterrichts Freiherr *Johann Paul von Falkenstein.*

Ordentliche einheimische Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Professor *Heinrich Leberecht Fleischer* in Leipzig, Secretär der philol.–histor. Classe.
- Professor *Hermann Brockhaus* in Leipzig, stellvertretender Secretär der philol.–histor. Classe.
- Geheimer Hofrath *Eduard Albrecht* in Leipzig.
- Professor *Conrad Bursian* in Jena.
- —— *Georg Curtius* in Leipzig.
- —— *Adolf Ebert* in Leipzig.
- —— *Friedrich Franke* in Meissen.

Se. Exc. Herr Geheimer Rath *Hans Conon von der Gabelentz* in Altenburg.

Herr Geheimer Hofrath und erster Universitäts-Oberbibliothekar *Ernst Gotthelf Gersdorf* in Leipzig.
- Domherr und Geheimer Hofrath *Gustav Hänel* in Leipzig.

Herr Professor *Gustav Hartenstein* in Jena.
- Professor und zweiter Universitäts-Oberbibliothekar *Christoph Ludolf Ehrenfried Krehl* in Leipzig.
- Hofrath *Karl Nipperdey* in Jena.
- Professor *Johannes Adolph Overbeck* in Leipzig.
- Geheimer Regierungsrath *Friedr. Ritschl* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Wilhelm Roscher* in Leipzig.
- Professor *Georg Voigt* in Leipzig.
- Geheimer Rath *Karl Georg von Wächter* in Leipzig.
- Professor *Friedrich Zarncke* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Professor *Johann Gustav Droysen* in Berlin.
- —— *Hermann Alfred von Gutschmid* in Kiel.
- —— *Moritz Haupt* in Berlin.
- Geheimer Justiz- und Oberappellationsgerichtsrath *Andreas Ludwig Jacob Michelsen* in Schleswig.
- Professor *Theodor Mommsen* in Berlin.
- Hofrath *Hermann Sauppe* in Göttingen.
- Professor *Gustav Seyffarth* in New-York.
- —— *Karl Bernhard Stark* in Heidelberg.

Ordentliche einheimische Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Geheimer Medicinalrath *Ernst Heinrich Weber* in Leipzig, Secretär der mathem.-phys. Classe.
- Geheimer Hofrath *Wilhelm Gottlieb Hankel* in Leipzig, stellvertretender Secretär der mathem.-phys. Classe.
- Professor *Carl Bruhns* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Moritz Wilhelm Drobisch* in Leipzig.
- Professor *Gustav Theodor Fechner* in Leipzig.
- Hofrath *Carl Gegenbaur* in Jena.

Herr Geheimer Regierungsrath *Peter Andreas Hansen* in Gotha.
- Professor *Johann August Ludwig Wilhelm Knop* in Leipzig.
- —— *Hermann Kolbe* in Leipzig.
- —— *Rudolph Leuckart* in Leipzig.
- Hofrath *Carl Friedrich Wilhelm Ludwig* in Leipzig.
- Geheimer Bergrath *Karl Friedrich Naumann* in Leipzig.
- Professor *Carl Neumann* in Leipzig.
- Oberbergrath *Ferdinand Reich* in Freiberg.
- Bergrath *Theodor Scheerer* in Freiberg.
- Professor *Wilhelm Scheibner* in Leipzig.
- Hofrath *August Schenk* in Leipzig.
- —— *Oskar Schlömilch* in Dresden.
- Professor *Eduard Friedrich Weber* in Leipzig.
- —— *Johann Carl Friedrich Zöllner* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Professor *Heinrich d'Arrest* in Kopenhagen.
- —— *Heinrich Richard Baltzer* in Giessen.
- Hofrath *Otto Funke* in Freiburg.
- Professor *Wilhelm Hofmeister* in Heidelberg.
- Hofrath *Mathias Jacob Schleiden* in Dorpat.
- Professor *Samuel Friedrich Nathanael Stein* in Prag.
- —— *Alfred Wilhelm Volkmann* in Halle.
- —— *Wilhelm Weber* in Göttingen.

Verzeichniss

der bei der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1870 eingegangenen Schriften.

Von gelehrten Gesellschaften, Universitäten und öffentlichen Behörden herausgegebene und periodische Schriften.

Codex diplomaticus Saxoniae Regiae. Im Auftrage der K. Sächs. Staatsregierung herausgeg. von E. G. Gersdorf und K. Fr. von Posern-Klett. Zweiter Haupttheil. Neunter Band. Urkundenbuch der Stadt Leipzig. Zweiter Band. Leipzig 1870.

Abhandlungen der Königl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. Aus d. J. 1869. I. u. II. Bd. Berlin 1870.

Monatsbericht d. Königl. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1869 Nov. u. Dec. 1870. Januar—November.

Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften. Philos.-histor. Cl. LXI. Bd. 2. 3. Heft. LXII. Bd. 1—4. Heft. Wien 1869.

Sitzungsberichte der mathem.-naturwissensch. Cl. der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. Erste Abth. LIX. Bd. 3—5. Heft. LX. Bd. 1. 2. Heft. — Zweite Abth. LIX. Bd. 4. 5. Heft. LX. Bd. 1. 2. Heft. Wien 1869.

Anzeiger d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Mathem.-naturwissensch. Classe. VII. Jahrg. 1870. No. 1—5. 8—25.

Almanach der Kais. Akad. d. Wissensch. Jahrg. 19. 1869.

Die Handschriften der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. Philosophisch-histor. Cl. Bd. 16 u. 18. — Mathematisch-naturwissensch. Cl. Bd. 29. Wien 1869.

Archiv für österreich. Geschichte, herausgeg. von der zur Pflege vaterländ. Gesch. aufgestellten Commission der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. 41. Bd. 1. u. 2. Hälfte. Wien 1869.

Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. 1869. No. 10—13. 1870. 1. 6. 9. Wien.

Die fossilen Mollusken des Tertiärbeckens von Wien, von Dr. Moriz Hörnes, nach dessen Tode beendigt von Prof. Dr. Aug. Em. Reuss. Bd. II. No. 9 u. 10. Bivalven. Abhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt, IV, 9 u. 10. Wien 1870.

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt. Jahrg. 1869. Bd. XIX. Jahrg. 1870. Bd. XX. Wien.

Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1869. Bd. XIX. Wien 1869.

Mittheilungen der anthropologischen Gesellschaft in Wien. 1. Bd. Probenummer, ausgeg. d. 30 März 1870. No. 3 4. Wien.

Abhandlungen der königl böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften vom J. 1869. 6. Folge. 3. Bd. Prag 1870.

Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag. Jahrg. 1869. Prag 1870.

Repertorium sämmtlicher Schriften der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften vom J. 1769 — 1868. Prag 1869.

Magnetische und meteorologische Beobachtungen auf der k. k. Sternwarte zu Prag im J. 1869. Dreissigster Jahrg. Prag 1870.

Abhandlungen der philosoph. - philolog. Classe d. k. bayer. Akad. d. Wissensch. 12. Bd. 1. Abth. (In d. Reihe d. Denkschriften d. XLV. Bd.) München 1869.

Abhandlungen der mathem.-physikal. Classe der k. bayerischen Akad. d. Wissensch. 10. Bds. 3. Abth. (In der Reihe der Denkschriften der XXXVII. Bd.) München 1870.

Sitzungsberichte d. k. bayer. Akad. d. Wissensch. zu München. 1869. I. Heft 4. II. Heft 1 - 4. München 1869. — 1870. I. Heft 1—4. München 1870.

Die Entfaltung der Idee des Menschen durch die Weltgeschichte. Vortrag in d. öffentl. Sitz. d. k. Akad. d. Wiss. am 28 März 1870 u. s. w. gehalten von W. Preger. München 1870.

Denkschrift auf Chr. E. H. von Meyer, von C. Fr. Zittel. München 1870.

Elfte Plenarversammlung der histor. Commission bei der k. bayer. Akademie d. Wissensch. Bericht des Secretariats. München im October 1870.

Annalen der k. Sternwarte bei München. Von J. v. Lamont. XVII. Bd. (Der vollständigen Sammlung XXXII. Bd.) München 1869.

Verzeichniss von 4793 teleskopischen Sternen zwischen — 3° und — 9° Declination u. s. w. IX. Supplementband zu den Annalen der Münchener Sternwarte. Von J. v. Lamont. München 1869.

Catalogus codd. latinorum bibliothecae regiae Monacensis. Composuerunt Car. Halm et Georg. Laubmann. T. I. P. I. Num. 1—2329 complectens. Monachii 1868.

Abhandlungen der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Bd. XIV von den Jahren 1868 und 1869. Göttingen 1869.

Nachrichten von der königl. Gesellschaft der Wissenschaften und der Georgs-August-Universität aus d. J. 1869. Göttingen 1869.

Zeitschrift des k. sächs. statistischen Bureau's. XV. Jahrg. 1869. No. 6—12 nebst Index, und 1870 No. 1—4. Dresden 1869 u. 1870.

Jahresbericht über den 42. Cursus der königl polytechn. Schule und über den 33. Cursus der königl. Baugewerkenschule zu Dresden 1869—1870. (2 Exx.)

Jahresbericht der Handels- und Gewerbekammer in Dresden 1869. Dresden 1870.

Blätter des psychologischen Vereins zu Dresden. No. 1. 1870.

Vierteljahrsschrift der astronom. Gesellschaft. IV. Jahrg. 1869. 4. Heft. Leipzig 1869 V. Jahrg. 1870. 1—4. Heft. Leipzig 1870.

Tafeln zur Reduction von Fixstern-Beobachtungen für 1726—1750. Zweites Supplementheft zur Vierteljahrsschrift der astronom. Gesellschaft. (Jahrg. IV.) Leipzig 1869.

Tafeln der Amphitrite, mit Berücksichtigung der Störungen durch Jupiter, Saturn und Mars, entworfen von E. Becker. Publication der astronom. Gesellschaft. No. X. Leipzig 1870.

Uebersicht der Resultate aus den meteorologischen Beobachtungen, angestellt auf den k. sächs. Stationen. Mitgetheilt nach den Zusammenstellungen im statistischen Bureau von C. Bruhns in Leipzig. Monat Juli 1869.

Neues Lausitzisches Magazin. 47. Bd. 1. 2. Heft. Görlitz 1870.

Scriptores rerum Lusaticarum. Sammlung Ober- und Niederlausitzischer Geschichtsschreiber; herausg. von der Oberlausitzer Gesellschaft der Wissenschaften Neue Folge. Bd. IV. Görlitz 1870.

Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften Herausgeg. vom naturhistorischen Vereine Lotos in Prag. 19. Jahrg. Prag 1869.

Die Fortschritte der Physik im J. 1866, dargestellt von der physikal. Gesellschaft zu Berlin. Jahrgang XXII. Berlin 1869.

Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Dritter Jahrg. No. 1—20. Berlin 1870.

Schriften der königl. physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. Jahrg. IX. 1. Abth. 1. 2. Königsberg 1868. — Jahrg. X. Abth. 1. 2. Königsberg 1869.

Sechszehnter Bericht der Philomathie in Neisse vom August 1867 bis August 1869. Neisse 1869.

Verhandlungen der physikal.-medicin. Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. Bd. I. Heft 4. Würzburg 1869.

Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg. Bd. V. 3. Stück.

Zehnter Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde vom 17. Mai 1868 — 6. Juni 1869. Offenbach 1869.

Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. 21. u. 22 Heft. Wiesbaden 1867 u. 68.

Jahrbücher des Vereins v. Alterthumsfreunden im Rheinlande. Heft XLVII u. XLVIII. Bonn 1869.

Neunzehn Programme zu Winckelmanns Geburtstage am 9. Dec. 1845—1869 und ein Welcker-Programm, herausgegeben vom Vorstande des Vereins von Alterthumsfreunden im Rheinlande.

L. Lersch, Das Coelner Mosaik. 1845. Bonn 1846.

Ders., Apollon der Heilspender. 1847. Bonn 1848.

Ders., Das sogenannte Schwert des Tiberius. Ein römischer Ehrendegen aus der Zeit dieses Kaisers. 1848. Bonn 1849. (Dazu eine lose lithogr. Tafel.)

Prof. Dr. Braun, Die Kapitole. 1849. Bonn 1849.

Ders., Erklärung eines antiken Sarkophags zu Trier. 1850. Bonn 1850.

Ders., Jupiter Dolichenus. Erklärung einer zu Remagen gefundenen Steinschrift und der Hauptfigur auf der Heddernheimer Bronze-Pyramide. 1852. Bonn 1852.

Ders., Das Judenbad zu Andernach. 1853 Bonn 1853.

Ders., Zur Geschichte der Thebaischen Legion. 1855. Bonn 1855.

Prof. Dr. Braun, Die Trojaner im Rheinlande. 1856. Bonn 1856.
Ders., Der Wüstenroder Leopard, ein römisches Cohortenzeichen. 1857. Bonn 1857.
Ders., Die Externsteine. 1858. Bonn 1858.
Ders., Das Portal zu Remagen. Programm zu F. G. Welcker's 50jährigem Jubelfeste am 16. Oct. 1859. Bonn 1859.
Ders., Kunstarchäologische Betrachtungen über das Portal zu Remagen. 1859. Bonn 1859.
Prof. Dr. E aus'm Weerth, Das Bad der römischen Villa bei Allenz. 1861. Bonn 1861.
Dr. Joh. Freudenberg, Das Denkmal des Hercules Saxanus im Berohlthal. 1862. Bonn 1862.
Franz Fiedler, Die Gripswalder Matronen- und Mercuriussteine. 1863. Bonn 1863.
L. Urlichs, Ueber die Gruppe des Pasquino. Nebst einem Anhange über den Achilles Borghese. Hierzu eine Restauration der Gruppe und deren Begründung von Ed. von der Launitz. 1867. Bonn 1867.
Friedrich Wieseler, Der Hildesheimer Silberfund. Erste Abth. 1868. Bonn 1868.
F. Peters, Die Burg-Kapelle zu Iben. 1869. Bonn 1869.

Die Römische Villa zu Nennig und ihr Mosaik erläutert von Domcapitular v. Wilmowsky. Herausgeg. vom Vorstande des Vereins von Alterthumsfreunden im Rheinlande. Bonn 1865.

Das Siegeskreuz der Byzantinischen Kaiser Constantius VII. Porphyrogenitus und Romanus II. und der Hirtenstab des Apostels Paulus, zwei Kunstdenkmäler byzantinischer und deutscher Arbeit des 10. Jahrh. in der Domkirche zu Limburg an der Lahn, erläutert von E. aus'm Weerth. Herausgeg. vom Vorstande des Vereins von Alterthumsfreunden im Rheinlande zur Doppelfeier des 25jährigen Bestehens des Vereins und des Geburtstages Winckelmanns. Bonn 1866.

Beiträge zur Geschichte der kurkölnischen Universität Bonn, von C. Varrentrapp. Festgabe, dargebracht zur 50jährigen Stiftungsfeier der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität am 3. Aug. 1868 vom Verein von Alterthumsfreunden im Rheinlande. Bonn 1868.

Verhandlungen des Vereins für Kunst und Alterthum in Ulm und Oberschwaben. Neue Reihe. 1. Heft. Ulm 1869.

Correspondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga. 18. Jahrgang. Riga 1870.

Denkschrift des Naturforscher-Vereins zu Riga, herausgeg. in Anlass der Feier seines 25jährigen Bestehens am 27. März 1870. Riga 1870.

Zur Geschichte der Forschungen über die Phosphorite des mittlern Russlands, von W. v. Gutzeit. Denkschrift u. s. w. Riga 1870.

Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern aus dem J. 1869. No. 684—711. Bern 1870.

Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn am 23., 24. u. 25. August 1869. 53. Jahresversammlung. Jahresbericht 1869. Solothurn 1870.

Beiträge zur vaterländischen Geschichte. Herausgeg. von der histor. Gesellschaft in Basel. Neunter Bd. Basel 1870.

Nederlandsch Meteorologisk Jaarboek voor 1869, uitgegeven door het Koningl. Nederl. Meteorologisk Instituut. Jaargang 21. Deel 1. Waarnemingen in Nederland. Utrecht 1869.

Programma van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem voor het Jaar 1869 en 1870.

Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles, publiées par la Société Hollandaise des sciences à Harlem et rédigées par E. H. v. Baumhauer. Tome IV, la Haye 1869. Tome V, livr. 1—3, La Haye 1870.

Die Osteologie und Myologie von Sciurus vulgaris L. verglichen mit der Anatomie der Lemuriden und des Chiromys, von Dr. C. K. Hoffmann und H. Wagenbergh. Eine von der Holl. Ges. d. Wiss. in Harlem gekrönte Abhandlung. Harlem 1870.

Algae Japonicae Musei botanici Lugduno-Batavi, auct. W. F. R. Suringar. Edidit Soc. scient. Holl. quae Harlemi est. Harlem 1870.

Nederlandsch Archief voor Genees- en Natuurkunde, uitgegeven door F. C. Donders en W. Koster. Deel V. 2—4. Aflev. Utrecht 1870.

Verslag van het Verhandelde in de algemeene Vergadering van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen gehouden den 28 Juni 1870. Utrecht 1870.

Proeve eener geneeskundige Plaatsbeschrijving van de gemeente Leeuwarden door Dr. T. H. Asman. Eene door het Provinciaal Utrechtsch Genootschap v. Kunsten en Wetenschappen bekroonde Prijsverhandeling. Utrecht 1870.

Mémoire sur le genre Potérion par T. Harting, publié par la Société des arts et des sciences d'Utrecht. Utrecht 1870.

Questions mises au concours par la Société des arts et sciences établie à Utrecht. 1870.

Negende jaarliksch Verslag etc. in het Nederlandsch Gasthuis voor Ooglijders etc. Utrecht 1868.

Congrès national pour le progrès des sciences géographiques, cosmographiques et commerciales qui s'ouvrira à Anvers dans le courant du mois d'Août 1870.

Programme de la Société Batave de philosophie expérimentale de Rotterdam. 1869.

Mémoire sur la théorie mathématique de la chaleur et de la lumière, par de Colonet-d'Huart. Luxembourg 1870.

Programma certaminis poetici ab Academia Regia disciplinarum Nederlandica ex legato Hoeuffliano indicti anno 1870. (2 Exx.)

Bullettino dell' Instituto di corrispondenza archeologica per l'anno 1869. No. 12. (Dicembre.) — Per l'anno 1870. No. 1—10 (Gennajo—Ottobre). Roma.

Memorie del R. Istituto Veneto &c. Vol. XIV, pag 359—534. Vol. XV, pag. 1—192. Venezia 1870.

Atti del R. Istituto Veneto &c. T. XIV, Serie III, Disp. 9. 10. T. XV, Serie III, Disp. 1—9. Venezia 1868—70.

Atti della R. Accademia delle scienze di Torino. Vol. IV, Disp. 1—7. (Nov. 1868—Giugno 1869.) Vol. V, Disp. 1—7. Torino 1869—70.

Appendice al Vol. IV degli Atti della R. Accademia delle scienze di Torino. 1869.

Sunti di lavori scientifichi letti e discussi nella Classe di scienze morali, storiche e filologiche della R. Accademia delle scienze di Torino dal 1859 al 1865. Torino 1868.

Notizia storica dei lavori fatti dalla Classe di scienze fisiche e matematiche della R. Accademia delle scienze di Torino negli anni 1864 e 1865. Torino 1869.

Bollettino meteorologico e astronomico del R. Osservatorio dell' Università di Torino Anno III. 1868. Anno IV. 1869.

Giornale di scienze naturali ed economiche pubblicato per cura del Consiglio di perfezionamento annesso al R. Istituto tecnico di Palermo. Anno 1869. Vol. V Fasc. III e IV. Parte I. Scienze naturali. Palermo 1869.

Philosophical Transactions of the Roy. Society of London for the year 1869. Vol. 159. Part I. II. London 1869—70.

Proceedings of the Roy. Society of London. No. 109—118. (Vol. XVII. No. 109—113, Vol. XVIII. No. 114—118.) London 1869—70.

Catalogue of scientific Papers (1800—1863) compiled and published by the R. Society of London. Vol. III. London 1869.

The Roy. Society, 30th Nov. 1869.

Proceedings of the Royal Institution of Great Britain. Vol. V. No. 49—51. Part. 5—7.

Royal Institution of Great-Britain. 1869. List of the members &c. London 1869.

Nature. A weekly illustrated Journal of Science. No. 10—30. Mit Titel zu Vol. I. Nov. 1869 to April 1870. — No. 31—56. Mit Titel zu Vol. II. May to Nov. 1870. — No. 57—63. London.

Transactions of the Roy. Society of Edinburgh. Vol. 25. Part 2. For the session 1868—69. Edinburgh 1869. (Schluss von Vol. 25 mit Index.)

Proceedings of the Roy. Society of Edinburgh, Session 1868—69. (No. 77—79. Schluss von Vol. VI mit Index.)

The Transactions of the R. Irish Academy. Vol. 24. Polite Literature, Part 4. Antiquities, Part 8. Science, Part 9. Dublin 1867. — Science. Part. 10—14. Dublin 1869. Part 15. Dublin 1870.

Journal of the Royal Geological Society of Ireland. Vol. XII. Part 2. 1868—69. Edinburgh 1869.

Memoires de la Société des sciences naturelles de Strasbourg. T. 6, livraison 2. Strasbourg 1870.

Bulletin de la Société des sciences naturelles de Strasbourg. 1re annee (1868) No. 1. No. 3—11. — 2e année (1869) No. 1—10. Strasbourg 1868 u. 69.

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences, belles-lettres et arts de Lyon. Classe des sciences. Tome XVII. Lyon 1869—1870.

Annales de la Société Linnéenne de Lyon. Année 1869. Nouv Sér. Tome XVII. Paris 1869.

Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Tome V, pag. 280—394. Bordeaux 1867. Tome VII. Bordeaux 1869.

Societé des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Extrait des procès-verbaux des séances. Bordeaux 1869. (Pag. I—LIX.)

Memorias de la R Acad. de ciencias mor. y pol. T. II. Parte 1a. Madrid 1867. — Parte 2a. Madrid 1869. (Mit Index zu T. II.)

R. Acad de ciencias mor. y polit. — Resumen de sus actas y discursos leidos en la Junta pública general celébrada en 10 Junio 1866. Madrid 1866. (2 Exx.)

Real Academia de ciencias morales y politicas; Año de 1868, 69 y 70. Madrid. (Mitgliederverzeichniss.)

Discursos pronunciados en la Acad de ciencias morales y politicas en la recepcion pública del Señor Don Santiago Diego Madrazo, en 18 Dic. 1864. Madrid 1864.

Discursos leidos ante la R. Acad de ciencias mor. y pol. en la recepcion pública, Madrid 1868 y 1869, a) del Sr. Don Antonio Aguilar y Correa, el Domingo 26 Enero 1868. b) del Sr. D. Fermin Caballero, el Domingo, 31 Marzo 1868. c) del Sr. D. Juan Martin Caramolino, el Domingo 31 Mayo 1868. d) del Sr. D. Antonio Andonaegui, el Domingo 28 Mayo 1869. e) del Sr D. José Lorenzo Figuerón, el Domingo 23 Mayo 1869.

Almanaque náutico para 1871 calculado de órden de la Superioridad en el Observatorio de Marina de la Ciudad de San Fernando. Cádiz 1869.

Anales del Observatorio de Marina de San Fernando. Publicados de órden de la Superioridad, por el Director D. Cecilio Pujazon. Section 2ª.] Observaciones meteorológicas Año 1870. San Fernando 1870.

Det Kongel. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. 5. Række. Naturvidenskabelig og Mathematisk Afd. 8. Bd 6. og 7. Heft; 9. Bd. 1. Heft. — Historisk og Philosophisk Afd. 4. Bd. 4. Heft. Kjøbenhavn 1869.

Extrait d'un Mémoire sur les lois des courants dans les conduites ordinaires et dans la mer, par M. A. Colding. Copenhague. (Sonderabzug aus Vidensk. Selsk. Skr. 5. Række, Naturvidensk. og mathem. Afd. 9. Bd. III.)

Oversigt over det Kong. Dansko Videnskabernes Selskabs Forhandlinger og det Medlemmers Arbeider i Aaret 1868. No. 5. 6. 1869, No. 2—5. 1870, No. 1. Kjøbenhavn.

La Société Royale Danoise des Sciences. Copenhague. Questions mises au concours pour l'année 1870.

Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania. Aar 1868. Christiania 1869.

Forhandlinger ved de scandinaviske naturforskeres tiende møde i Christiania fra den 4de til den 10de Juli 1868. Christiania 1869.

Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Udgives af den physiographiske Forening i Christiania ved M. Sars og Th. Kjerulf. 16. Binds 1—4 Hefte. Christiania 1869.

Det Kongel. Norske Frederiks Universitets Aarsberetning for Aaret 1868.

Norges officielle Statistik. 18 Stück, die Jahre 1861—1869 umfassend.

Beretning om Bodsfængslets Virksomhed i Aaret 1868. Christiania 1869.

Sveriges geologiska Undersökning. Tionde Häftet. Bladen 31—35: Upsala, Örbyhus, Svenljunga, Åmål och Baldersnäs samt Geologisk Öfversigtskarte öfver bergarterna på Östra Dal. (a—e mit 6 Karten.) Stockholm 1869—70.

Nova Acta regiae Societatis scientiarum Upsaliensis. Ser. III. Vol. VII. Fasc. 1. 1869.

Upsala Universitets Årsskrift. 1868. Upsala 1868.

Acta Universitatis Lundensis. Lunds Universitets Års-Skrift 1868 I Theologi. II. Philosophi, Språkvetenskap och Historia. III. Mathematik och Naturvetenskap Lund 1868—9.

Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar XII. 1869—70. Helsingfors 1870.

Bidrag till Kännedom af Finlands Natur och Folk, utgifna af Finska Vetenskaps-Societeten. 15de Häftet. Helsingfors 1870.

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Petersbourg. VIIe Sér. Tome XIII. No. 8 et dernier. Tome XIV. No. 1—9 et dernier. Tome XV. No. 1—8 et dernier. St.-Pétersbourg 1869. 1870.

Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg. Tome XIV. No. 1—6 et dernier. Tome XV. No. 1. 2. St.-Pétersbourg 1869. 1870.

Mélanges physiques et chimiques tirés du Bulletin de l'Acad. Impér des sciences de St. Petersbourg. Tome VIII. $\frac{20 \text{ Mai}}{1 \text{ Juni}}$ 1869. Vorschläge, betreffend die Reorganisation des meteorolog Beobachtungssystemes in Russland. Bericht einer Commission der Akademie.

Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Acad. Impér. des sciences de St.-Pétersbourg. Tome VII. 2 Stück vom $\frac{18}{30}$ Novbr. 1869 und $\frac{10}{22}$ Febr. 1870, von J. Fr. Brandt.

Jahresbericht des physikal. Central-Observatoriums für 1869. Der Akademie abgestattet von H. Wild, Director. St. Petersburg 1870.

Repertorium für Meteorologie, herausg. von der Kais. Akad. d. Wiss., redig. von H. Wild. Bd I. Heft 1. St. Petersburg 1869.

Compte-Rendu de la Commission Impériale Archéologique pour l'année 1868. St.-Pétersbourg 1869. -- Der dazu gehörige Atlas. St. Pétersbourg 1869.

Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. No. 1 — 4. Année 1869 70.

Archeologičeskaja Topografia Tamanskago Poluostrowa, izsljedowanie K. Görtza. Izdanie Moskowskago Archeologičeskago Obščestwa. (Archäologische Topographie der Halbinsel Taman, von C. Görtz.) Moskau 1870. Herausgeg. von der Moskauer archäolog. Gesellschaft.

Prodoljenie swoda zakonow rossiiskoi Imperii izdannago w 1857 godu. S 1. Janwara 1864 po 31. Dekabrjæ 1867 goda. Čast' I. Staty k I. II, III, IV i V tomam swoda. — Čast' II. Staty k VI, VII, VIII i IX tomam swoda. — Čast' III. Staty k X, XI, XII, XIII, XIV i XV tomam swoda. Sanktpeterburg 1868.

Ἀρχαιολογικὴ Ἐφημερίς, ἐκδιδομένη ὑπὸ τῆς ἐν Ἀθήναις ἀρχαιολογικῆς ἑταιρίας δαπάνῃ τῆς βασιλικῆς κυβερνήσεως. 1862. *Τεῦχος Α′—Η′.* (Jan.—Sept.) 1862—1868. *Τεῦχος Θ′—ΙΒ′.* (Sept. — Dec.) 1868—1869. *Τεῦχος ΙΓ′.* — 1870. *Τεῦχος ΙΔ′.*

Annals of the Lyceum of Natural History of New-York. Vol. IX. pag. 141—212. 1869—70.

The first Annual Report of the American Museum of Natural History. January 1870. New York.

Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. a—k. 1868 and 1869 cplt. Philadelphia 1868—69.

Transactions of the American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting usefull knowledge. Vol. XIII. New Series. Part. III. Philadelphia 1869.

Proceedings of the American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting useful knowledge. No. 81 and 82. (Vol. XI. pag. 1—244.) Philadelphia 1869.

Proceedings of the Boston Society of Natural History Vol. XII (1868—69) pag. 273—419. Boston 1869. Vol. XIII. pag. 1—224.

Proceedings of the American Association for the advancement of science. Meeting 17, held at Chicago, Illinois, August 1868. Cambridge 1869.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. VIII. pag. 1—136.

Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College. Cambridge, Mass. No. 9—13. — Contributions to the Fauna of the Gulf-Stream a great depths. 3[d] Series, 1869. Echinoderms by A. Agassiz, Th. Lyman and L. F. de Pourtales. General report by Louis Agassiz.

Act of Incorporation, Constitution and By-Laws of the Essex Institute incorporated February 1848, with a Catalogue of the Officers and Members. Salem 1855.

An Historical Notice of the Essex Institute with the Act of Incorporation, Constitution and By-Laws and Lists of Officers and Members. Salem 1866.

Proceedings and Communications of the Essex Institute. Vol. VI. Part 1. 1868. Salem 1870.

Bulletin of the Essex Institute. Vol. I. No. 1—12. (1869 cplt.) Salem 1869—70.

On the Egg-Tooth of Snakes and Lizards, on the Armature of the lower Bill of the Hatching Tringa Pusilla by Dr. David F. Weinland; from the Proceedings of the Essex Institute. Salem 1857.

First Annual Report of the Trustees of the Peabody Academy of sciences. Januar 1869. Salem.

The American Naturalist, a popular illustrated Magazine of Natural History. Vol. III. No. 1—12 (1869 cplt.). Vol. IV. No. 1—2. Salem, Mass.

Annual Report of the Directors of the Cincinnati Observatory. June, 1870.

Conchological Notes No. 1—3, by W. H. Dall. (Drei Sonderabdrücke aus den Proceedings of the Californian Academy of Natural Sciences.)

Annual Report of the Commissioner of Patents for the year 1867. Vol. 1—4. Washington 1868.

Report of the Commissioner of Agriculture for the year 1868. Washington 1869.

Monthly Report of the Department of Agriculture for the year 1869. Washington 1869.

Dreiundzwanzigster Jahresbericht der Staatsackerbaubehörde von Ohio mit einem Auszug aus den Verhandlungen der County-Ackerbau-Gesellschaften für d. J. 1868. Columbus, Ohio 1869.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution, showing the Operations, Expenditures and Condition of the Institution for the year 1868. Washington 1869.

Smithsonian Contributions to knowledge. The Transatlantic Longitude as determined by the Coast Survey Expedition 1866. Report by B. A. Gould. Washington 1869.

Smithsonian Contributions to knowledge. Vol. VIII. IX. XVI. Washington.

The Canadian Naturalist and Quarterly Journal of Science. Montreal. New Series. Vol. III, No. 1. March 1869. — Vol. IV, No. 2. June 1869. — Vol. IV, No. 3. Sept. 1869.

Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. Deel XXXIII. Batavia 1868.

Notulen van de algemeene en Bestuurs-Vergaderingen van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. Deel IV. Aflev. 2. Deel V. VI. VII. No. 1. Batavia 1867—69.

Katalogus der ethnologische Afdeeling van het Museum van het Bataviaasch Genootschap v. Kunsten en Wetenschappen. Batavia 1868.

Catalogus der numismatische Afdeeling van het Museum van het Bataviaasch Genootschap v. Kunsten en Wetenschappen. Batavia 1869.

Tijdschrift voor Indische Taal-Land- en Volkenkunde, uitgegeven door het Bataviaasch Genootschap &c. Deel XVI. Aflev. 2—6. Deel XVII. Aflev. 1—6. Deel XVIII. Aflev. 1. Batavia 1866—1868.

Einzelne Schriften.

Der Katarrh der innern weiblichen Geschlechtstheile, von Dr. C. Hennig. Leipzig 1862.

Zusätze zu dem genannten Werke von Dr. C. Hennig.

Die Temperaturverhältnisse 1848—1863 an den Stationen des österreich. Beobachtungsnetzes durch 5tägige Mittel dargestellt von Dr. C. Jelinek. Wien 1869.

Commelinaceae Indicae, imprimis archipelagi Indici, adjectis nonnullis hisce terris alienis, auct. Car. Hasskarl. Vindob. 1870.

Ueber das Zurückbleiben der Alten in den Naturwissenschaften. Rectorsrede, gehalten von Carl v. Littrow. Wien 1869.

Archives du Musée Teyler. Vol. II. Fasc. 4. Harlem 1869. Vol III. Fasc. 1. Harlem 1870.

Die finnisch-ungarischen Sprachen und die Urheimath des Menschengeschlechtes. Zur Beleuchtung der archäologischen Fragen in Betreff des ältesten vorhistorischen Daseins der Menschen, von D. E. D. Europæus. Helsingfors (s. a.).

Studj sulla lingua umana, sopra alcune antiche inscrizioni e sulla ortografia italiana, del Dottor Alessandro Ghirardini. Milano 1869.

Guido Vimercati, Rivista scientifico-industriale del 1869. Anno primo. Firenze 1869.

D'une seconde nouvelle méthode pour déterminer le parallaxe du soleil. Florence 1870. (Vom Capitän C. Settimanni.)

Experimentale og theoretiske Undersøgelser over Legemernes Bryndningsforhold, af L. Lorenz. Kjøbenhavn 1869.

Om Aendringen af Integraler af irrationale Differentialer til Normalformen for det elliptiske Integral af forste Art. Af Ad. Steen. Kjøbenhavn 1869.

Brunetto Latinos Levnet og Skrifter, af Thor Sundby. Kjøbenhavn 1869.

Thermochemiske Undersøgelser over Affinitetsforholdene etc. ved Jul. Thomsen. Kjøbenhavn 1869.

La Norvège littéraire, par Paul Botten-Hansen, Bibliothécaire etc. Christiania 1868.

En Fremstilling af de norske Aristokratis Historie indtil Kóng Sverres tid, af Ebbe Hertzberg. Christiania 1869.

En anatomiske Beskrivelse af de paa over- og under extremiteterne forekommende Bursae mucosae etc. Prisbelonnet Afhandling af Synnestædt, Stud. med. Christiania 1869.

Thomas Saga Erkibyskups Fortæling om Thomas Becket Erkebiskop af Canterbury etc. Udgiven af C. R. Unger. Christiania 1869.

Le Glacier de Boium en juillet 1868 par S. A. Sexe. Christiania 1869.

Ungedruckte, unbeachtete und wenig beachtete Quellen zur Geschichte des Taufsymbols und der Glaubensregel, von Dr. C. P. Caspari. Christiania 1869.

Address delivered on the Centennial Anniversary of the Birth of Alex. v. Humboldt, under the auspices of the Boston Society of Nat. History, by Louis Agassiz Boston 1869.

New Geological Map of Wisconsin, prepared mostly from original observations, by J. A. Lapham. 1869. Milwaukee.

Report on the Invertebrate of Massachusets. Edition 2, comprising the Mollusca, by Aug. A. Gould. Boston 1870.

Alaska and its Resources, by W. H. Dall. Boston 1870.

List of birds of Alaska by W. H. Dall and H. M. Bannister (aus den Transactions of the Chicago Academy of Sciences).

Materials for a Monograph of the family Lepetidae by W. H. Dall from the American Journal of Conchology.

Record of American Entomology for the year 1868, edited by A. S. Packard Salem 1869.

Details of an unpaid claim on France for 24,000,000 fr. guaranteed by the parole of Napoleon III. Philadelphia 1869.

Samuel Haughton, On the Tides of the Arctic Seas. Part III. On the semidiurnal Tides of Frederiksdal in Greenland. Read April 26, 1866.

Drei Separatabdrücke von Abhandlungen von Sam. Haughton.

Bericht über die im J. 1869 den Herzoglichen Sammlungen des Schlosses Friedenstein zugegangenen Geschenke.



SITZUNG AM 4. MÄRZ 1870.

Dr. J. J. Müller, *Ueber elastische Schwingungen*. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede Prof. *C. Ludwig*.

In seinen Untersuchungen über elastische Schwingungen macht Hr. *W. Weber* wiederholt darauf aufmerksam, dass für jeden schwingenden Körper die Tonhöhe sich mit der Amplitude ändert. Für die Longitudinalschwingungen hebt er insbesondere ein gleichzeitiges Wachsen beider Grössen hervor. Diese Thatsache lässt sich auch dahin fassen, dass mit der lebendigen Kraft der elastischen Schwingungen die Geschwindigkeit ihrer Verbreitung wächst. — Neuerdings hat Hr. *Regnault* in seinen Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schalles die directe Bestätigung dieses Satzes geliefert. Er beobachtete bei Gasen ein Wachsen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei wachsender Schallstärke, ein Resultat, welches sich sofort auch so ausdrücken lässt, dass die Wellenlänge mit der Amplitude wächst. Versuche für die unmittelbare Besteligung dieses Satzes, die Hr. *Kundt* anstellte, ergaben aber ein negatives Resultat.

Eine Modification der Klangfiguren in Röhren, welche wie in den *Kundt*'schen Versuchen auf den Ton eines Stabes resoniren, ermöglicht eine Entscheidung dieser Frage für Longitudinalschwingungen sowohl gasförmiger als fester Körper. Führt man das Lycopodium in einem linearen Streifen in das Wellenrohr und bringt, während derselbe etwas seitlich von der tiefsten Linie liegt, den Glasstab zum Tönen, so entstehen auf der einen Seite regelmässige Ausbuchtungen, alle aus Querrippen des Lycopodium gebildet, die sich wie Ordinaten in periodisch variirender Länge bald merklich senkrecht, bald leicht geneigt über dem linearen Streifen erheben. Ihre Ausbildung hängt ab von der

Länge, Intensität und Schwingungsform der stehenden Welle und ihre Aenderungen gestatten daher Schlüsse auf Aenderungen jeder dieser Variabelen. — Bei der Erzeugung eines zweiten Systems auf der andern Seite des Streifens bleibt das erste erhalten, vorausgesetzt, dass die Intensität des Tones nicht eine zu grosse war. Aenderungen der Wellenlänge erscheinen dann in der relativen Verschiebung beider Figurensysteme in der Nähe des schwingenden Stabendes mit der Anzahl der vorhandenen Wellen multiplicirt. Dies ermöglicht es, Aenderungen von unter 0,0001 der Wellenlänge mit Sicherheit zu erkennen.

Mit Hülfe dieser Methode liess sich zunächst entscheiden, ob das Tönen des Stabes selber einen Einfluss auf die Fortpflanzung der elastischen Schwingungen in ihm habe. Bei gleichem Ort des schwingenden Stabendes im Wellenrohr und gleicher Schallstärke brauchte zwischen zwei Versuchen der Stab nur in intensives Tönen versetzt zu sein. Der zweite Versuch, unmittelbar nach diesem Tönen angestellt, lieferte im Wellenrohr eine kleinere Wellenlänge, was einer Steigerung der Tonhöhe und somit einem Wachsen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Stabe entspricht. Die Erscheinung, die ich die schwingende Nachwirkung nennen will, wächst mit der Stärke und Dauer des vorangegangenen Tönens und nimmt mit wachsender Zeit nach demselben ab. Zwei Secunden nach einem intensiven durch Reiben erzeugten Tönen während einer halben Minute stellte sich die Aenderung der halben Wellenlänge, aus 5 symmetrisch zum Ende der 25. Halbwelle gelegenen Verschiebungen bestimmt, zu 0,324^{mm} heraus; die directe Messung der Halbwellen ergab die Werthe 51,46 und 51,07^{mm}.

Wird bei gleicher Stärke der Stabschwingung und unter Elimination der schwingenden Nachwirkung die Stärke der Luftschwingung variirt durch Aenderung des Ortes, den das Stabende im Wellenrohr hat, so entspricht dem Maximum der Resonanz, wobei das Stabende in der Mitte eines Bauches liegt, die grössere Wellenlänge; dem Minimum, wo es in einem Knoten liegt, eine kleinere. Mit der Amplitude wächst also für die Luft die Länge der Welle. Beispielsweise ergab sich die Aenderung, in analoger Weise wie oben aus den zur 40. Halbwelle symmetrischen Verschiebungen bestimmt, zu 0,120^{mm}; die directen Messungen der Halbwellen ergaben die Werthe 32,33^{mm} und 32,05^{mm}.

Wird endlich, während das Stabende constant denselben Ort im Wellenrohr (Knoten) einnimmt und wieder die Nachwirkung ausgeschlossen ist, die Stärke der Schwingung des Stabes durch verschieden starkes Reiben variirt, so entspricht den stärkeren Schwingungen eine kleinere Wellenlänge im Wellenrohr. Dies kann nur auf einer Steigerung der Tonhöhe, also einem Wachsen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Stabe beruhen. Aus den Verschiebungen bestimmt, ergab sich so eine Aenderung der Halbwelle von 0,89^{mm}; während die directen Messungen für die Halbwellen 51,38 und 51,07 herausstellten.

Das Interesse, das die Ausdehnung dieser Versuche über den Zusammenhang zwischen Wellenlänge, Amplitude und Schwingungszahl auf die Querschwingungen und speciell auf die des Lichtes besitzt, liegt auf der Hand. Bei den Querschwingungen der ponderablen Massen hoffe ich mit Hülfe der *Lissajous*'schen Methode durch die zeitliche Bestimmung der Periode des Ueberganges, den die Figuren erleiden, die Frage zur Beantwortung zu bringen. Beim Licht findet sich in der Interferenz bei grossen Phasendifferenzen (*Fizeau*) ein Mittel für die Entscheidung. Einen auf diesem Principe construirten Apparat werde ich in der nächsten Zeit aus dem optischen Institute des Herrn Schröder in Hamburg erhalten. Die Resultate dieser Versuche werde ich mir erlauben, in einer ausführlichen Mittheilung, für die ich mir auch die theoretische Behandlung der Relationen vorbehalte, der Königl. Academie vorzulegen.

Leipzig, März 1870.

H. Kolbe, *Ueber die chemische Constitution der Harnsäure und ihrer Derivate.*

Nach vieljährigen oft wiederholten, immer fruchtlosen Bemühungen, die chemische Constitution der Harnsäure und ihrer zahlreichen Derivate zu ergründen, ist es mir endlich gelungen, dieses Problem zu lösen. Die Zusammensetzungsweise aller dieser Verbindungen ist so überraschend einfach, dass ich selbst mich darüber wundere, das, was jetzt so klar vor mir liegt, nicht schon längst gesehen zu haben. Unser Blick war bisher durch die, wie ich glaube, allgemein getheilt gewesene vorgefasste Meinung getrübt, dass die Harnsäure zur Classe der organischen Ammoniake zähle. In dem Augenblicke, wo ich mich von diesem Vorurtheil befreite, ist mir sofort der natürliche Zusammenhang der Harnsäurederivate unter sich und mit der Harnsäure selbst klar geworden.

Alle diese Verbindungen sind einfache Abkömmlinge weniger Säuren, nämlich der Malonsäure mit ihren Substitutionsprodukten, der Oxymalonsäure (Tartronsäure) und Mesoxalsäure, ferner der Oxalsäure und der Essigsäure, zum Theil auch der Bernsteinsäure. Die Mehrzahl derselben steht zu diesen Säuren in der Relation, dass sie die dem Amid entsprechenden einwerthigen Radikale, Cyamid und Uramid

$$\text{Cyamid: } \left.\begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\right\}N = \underbrace{\left.\begin{matrix}CN\\H\\H\end{matrix}\right\}N}_{\text{Cyanamid}} - H$$

$$\text{Uramid: } \left.\begin{matrix}COH_2N\\H\end{matrix}\right\}N = \underbrace{\left.\begin{matrix}COH_2N\\H\\H\end{matrix}\right\}N}_{\text{Harnstoff}} - H$$

an Stelle von einem oder zwei Hydroxylatomen der letzteren enthalten.

In diesem Sinne bezeichne ich die Harnsäure als Tartronsäure, welche zwei Atome Hydroxyl durch zwei Atome Cyamid ersetzt enthält. Die Wasserstoffatome dieser beiden Cyamide sind es, welche in den neutralen harnsauren Salzen durch einwerthige Metalle vertreten werden. — *Baeyer*, dessen umfassende Untersuchungen über die Harnsäure ihn selbst der Erkenntniss von der Zusammensetzungsweise derselben so nahe geführt haben, dass es von seiner Seite bloss eines festen Griffs bedurft hätte, um die durch seine glänzenden Entdeckungen auf diesem Felde in seinen Händen gereifte Frucht zu pflücken, hat einmal an einer Stelle ausgesprochen, die Harnsäure sei Tartroncyanamid, jedoch ohne diesen Gedanken festzuhalten oder ihn in der richtigen Bahn weiter zu verfolgen.

Indem ich die rationelle Zusammensetzung der Malonsäure, Oxymalonsäure, Mesoxalsäure und Oxalsäure durch folgende Formeln ausdrücke:

$$\underbrace{(CH_2)\left\{\begin{matrix}CO,OH\\CO,OH\end{matrix}\right.}_{\text{Malonsäure}};\quad \underbrace{C\left\{\begin{matrix}H\\HO\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}CO,OH\\CO,OH\end{matrix}\right.}_{\text{Oxymalonsäure}};\quad \underbrace{(CO)\left\{\begin{matrix}CO,OH\\CO,OH\end{matrix}\right.}_{\text{Mesoxalsäure}}\quad \underbrace{\left\{\begin{matrix}CO,OH\\CO,OH\end{matrix}\right.}_{\text{Oxalsäure}}$$

betrachte ich die Harnsäure als Oxymalon-cyamid nach folgender Formel zusammengesetzt.

$$\text{Harnsäure} = C\left\{\begin{matrix}H\\HO\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}CO,\left.\begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\right\}N\\CO,\left.\begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\right\}N\end{matrix}\right.$$

Wenn durch Oxydation mit Salpetersäure die Gruppe $C\left\{\begin{matrix}H\\HO\end{matrix}\right\}$ der Harnsäure zu CO oxydirt, und wenn gleichzeitig ein Atom Cyamid unter Aufnahme der Elemente von Wasser und unter Umwandlung in Harnstoff, durch Hydroxyl ersetzt wird, so entsteht Mesoxal-cyaminsäure d. i. Alloxan.

$$\underbrace{C\left\{\begin{matrix}H\\HO\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}CO,\left.\begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\right\}N\\CO,\left.\begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\right\}N\end{matrix}\right.}_{\text{Harnsäure}} + O + H_2O = \underbrace{(CO)\left\{\begin{matrix}CO,\left.\begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\right\}N\\CO,OH\end{matrix}\right.}_{\text{Alloxan}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}COH_2N\\H_2\end{matrix}\right\}N}_{\text{Harnstoff}}$$

Indem durch weitere Oxydation das Radikal CO des Alloxans sich als Kohlensäure abspaltet, entsteht die Oxal-cyaminsäure (Parabansäure).

$$\underbrace{CO\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.}_{\text{Alloxan}} + O = \underbrace{\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.}_{\text{Parabansäure}} + CO_2$$

Dadurch dass das Cyamid der Parabansäure unter Assimilirung der Elemente von ein Mol. Wasser in Uramid übergeht, wird aus der Parabansäure die Oxalursäure (Oxal-uraminsäure)

$$\underbrace{\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.}_{\text{Parabansäure}} + H_2O = \underbrace{\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} COH_2N \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.}_{\text{Oxalursäure}}$$

In ähnlicher Weise verläuft die Umwandlung des Alloxans in Alloxansäure (Mesoxal-uraminsäure)

$$\underbrace{(CO)\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.}_{\text{Alloxan}} + H_2O = \underbrace{(CO)\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} COH_2N \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.}_{\text{Alloxansäure}}$$

ff. ff.

Im obigen Sinne ist die **Barbitursäure** aufzufassen als

Malon-cyaminsäure: $(CH_2)\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.$

die **Dialursäure** als

Oxymalon-cyaminsäure: $C\left\{\begin{matrix} H \\ HO \end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.$

das **Uramil** als

Amidomalon-cyaminsäure: $C\left\{\begin{matrix} H \\ H_2N \end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.$

die **Violursäure** als

Nitrosomalon-cyaminsäure: $C\left\{\begin{matrix} H \\ NO \end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix} CO, \left.\begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\right\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.$

die **Thionursäure** als Malon-cyaminsäure, in deren Methylen ein At. Wasserstoff durch Amid ersetzt ist, welches letztere

wiederum 1 At. Wasserstoff durch ($HOSO_2$) substituirt enthält =

$$C\left\{\begin{matrix} H \\ HOSO_2 \\ H \end{matrix}\right\} N \left\{\begin{matrix} CO, \begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\Big\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.$$

Zu den Derivaten der Essigsäure, oder wenn man will der Oxalsäure gehören

das Hydantoin d. i.

$$\text{Cyamido–Essigsäure}: \left\{\begin{matrix} CH_2, \begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\Big\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.$$

die Allantursäure d. i.

$$\text{Oxy–cyamido–Essigsäure}: \left\{\begin{matrix} CH, HO, \begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\Big\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.$$

die Hydantoinsäure d. i.

$$\text{Uramido–Essigsäure}: \left\{\begin{matrix} CH_2, \begin{matrix} COH_2N \\ H \end{matrix}\Big\} N \\ CO, OH \end{matrix}\right.$$

das Allantoin d. i.

$$\text{Uramido–oxyacetyl–cyamid}: \left\{\begin{matrix} CH, HO, \begin{matrix} COH_2N \\ H \end{matrix}\Big\} N \\ CO, \begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\Big\} N \end{matrix}\right.$$

Einige Schwierigkeit hat mir kurze Zeit die Frage gemacht, wie man sich das aus Alloxan und Dialursäure unter Ausgabe von 1 Mol. Wasser entstehende Alloxantin, ferner die eben so aus Dialursäure und Barbitursäure resultirende Hydurilsäure u. a. m. constituirt zu denken habe. Aber auch diese Umwandlungen sind leicht zu interpretiren. Als Beispiel diene das Alloxantin. Dasselbe ist eine Dicarbonsäure, welche gleich der Bernsteinsäure ein (substituirtes) Aethylen enthält, nämlich ein Aethylen, worin von den vier Wasserstoffatomen zwei durch O und die beiden andern durch das Carbonylcyamid $\left(CO, \begin{matrix} CN \\ H \end{matrix}\Big\} N\right)'$ ersetzt sind. Diese Zusammensetzungsweise und die Entstehung des Alloxantins möge nachstehende Gleichung veranschaulichen

$$\left\{\begin{array}{l} \underbrace{CO\left\{\begin{array}{l}CO,\ {CN \atop H}\Big\}N\\ CO,\ OH\end{array}\right.}_{\text{Alloxan}} \\ \underbrace{C\left\{{H \atop HO}\right\}\left\{\begin{array}{l}CO,\ {CN\atop H}\Big\}N\\ CO,\ OH\end{array}\right.}_{\text{Dialursäure}}\end{array}\right\} - H_2O = \underbrace{\begin{array}{c} O'' \\ \left(CO,\ {CN \atop H}\Big\}N\right) \\ \left(CO,\ {CN \atop H}\Big\}N\right)\end{array}\Bigg|\ C_2\left\{\begin{array}{l}CO,OH\\ CO,OH\end{array}\right.}_{\text{Alloxantin}}$$

Pseudoharnsäure hat *Baeyer*[1]) eine von ihm und *Schlieper* entdeckte Säure benannt, welche diesen Namen eigentlich nicht verdient, da sie weder in ihren chemischen Eigenschaften, noch hinsichtlich ihrer procentischen und empirischen Zusammensetzung der eigentlichen Harnsäure gleichkommt.

Neben der normalen, als Oxymaloncyamid betrachteten Harnsäure ist übrigens noch eine isomere Verbindung denkbar, die Cyamido-maloncyaminsäure (Cyamido-Barbitursäure), deren Beziehungen besser durch Formeln als durch jene langen Namen sich veranschaulichen lassen:

$$\text{Harnsäure: } C\left\{{H \atop HO}\right\}\left\{\begin{array}{l}CO,\ {CN\atop H}\Big\}N\\ CO,\ {CN\atop H}\Big\}N\end{array}\right.$$

$$\begin{array}{c}\text{Isoharnsäure:}\\ \text{(Cyamido-Barbitur-}\\ \text{säure.)}\end{array}\ C\left\{\begin{array}{l}H\\ {CN \atop H}\Big\}N\end{array}\right\}\left\{\begin{array}{l}CO,\ {CN\atop H}\Big\}N\\ CO,\ OH\end{array}\right.$$

Wenn in dieser Cyamido-Barbitursäure das Cyamid durch Aufnahme der Elemente von 1 Mol. Wasser in Uramid übergeht, so resultirt die Uramido-Barbitursäure, welche ich mit *Baeyer*'s Pseudoharnsäure für identisch erachte:

$$\text{Barbitursäure: } (CH_2)\left\{\begin{array}{l}CO,\ {CN\atop H}\Big\}N\\ CO,\ OH\end{array}\right.$$

$$\begin{array}{c}\text{Cyamido-Barbitursäure:}\\ \text{(Isoharnsäure.)}\end{array}\ C\left\{\begin{array}{l}H\\ {CN \atop H}\Big\}N\end{array}\right\}\left\{\begin{array}{l}CO,\ {CN\atop H}\Big\}N\\ CO,\ OH\end{array}\right.$$

$$\begin{array}{c}\text{Uramido-Barbitursäure:}\\ \text{(Pseudoharnsäure.)}\end{array}\ C\left\{\begin{array}{l}H\\ {COH_2N \atop H}\Big\}N\end{array}\right\}\left\{\begin{array}{l}CO,\ {CN\atop H}\Big\}N\\ CO,\ OH\end{array}\right.$$

1) Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 127, S 8.

Baeyer hat das Kalisalz der (einbasischen) Pseudoharnsäure durch Behandlung von Uramil mit cyansaurem Kali dargestellt. — Betrachtet man das Uramil als Amido-Barbitursäure (Amido-malon-cyaminsäure) und erinnert man sich, dass Ammoniak plus Cyansäure Harnstoff geben, so ist die Entstehung jener Pseudoharnsäure unter obigen Verhältnissen leicht zu erklären:

$$\underbrace{C\begin{cases}H\\H_2N\end{cases}\begin{cases}CO,\ \begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\Big\}N\\CO,OH\end{cases}}_{\text{Amido-Barbitursäure}} + \underbrace{\begin{matrix}CO\\K\end{matrix}\Big\}N}_{\text{cyans. Kali}} = \underbrace{C\begin{cases}H\\\begin{matrix}COH_2N\\H\end{matrix}\Big\}N\end{cases}\begin{cases}CO,\ \begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\Big\}N\\CO,OK\end{cases}}_{\text{Uramido-Barbitursaures (Pseudoharnsaures) Kali.}}$$

Schliesslich bemerke ich noch, dass ich eben darüber aus bin, die Harnsäure, Parabansäure und andere Derivate der ersteren durch Synthese zu gewinnen. Ich habe die Hoffnung, dass Oxaminsäure und Chlorcyan Parabansäure, und dass Oxymalonamid, welches ich aus dem Oxymalonsäureäther mit Ammoniak zu erhalten denke, mit Chlorcyan Harnsäure liefern werden.

$$\underbrace{\begin{cases}CO,H_2N\\CO,OH\end{cases}}_{\text{Oxaminsäure}} + CNCl = HCl + \underbrace{\begin{cases}CO,\ \begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\Big\}N\\CO.\ OH\end{cases}}_{\text{Parabansäure}}$$

$$\underbrace{C\begin{cases}H\\HO\end{cases}\begin{cases}CO,H_2N\\CO,H_2N\end{cases}}_{\text{Oxymalonamid}} + 2\ CNCl = 2\cdot HCl + \underbrace{C\begin{cases}H\\HO\end{cases}\begin{cases}CO,\ \begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\Big\}N\\CO,\ \begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\Big\}N\end{cases}}_{\text{Harnsäure}}$$

Noch leichter und einfacher gelingt vielleicht die Synthese der Harnsäure durch Behandlung von Oxymalonsäure-äther mit Cyanamid im Sinne folgender Gleichung:

$$\underbrace{C\begin{cases}H\\HO\end{cases}\begin{cases}CO\ OC_2H_5\\CO,OC_2H_5\end{cases}}_{\text{Oxymalonsäureäther}} + 2\ \underbrace{\begin{matrix}CN\\H_2\end{matrix}\Big\}N}_{\text{Cyanamid}} = \underbrace{C\begin{cases}H\\HO\end{cases}\begin{cases}CO,\ \begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\Big\}N\\CO,\ \begin{matrix}CN\\H\end{matrix}\Big\}N\end{cases}}_{\text{Harnsäure}}$$

$$+ 2\ \underbrace{(HOC_2H_5)}_{\text{Alkohol}}$$

Ich gebe mich der Hoffnung hin, und bin eben mit dahin zielenden Versuchen beschäftigt, dass alle Derivate der Harnsäure und die Harnsäure selbst von der Malonsäure aus sich werden aufbauen lassen.

Da ich hier von Versuchen rede, mit deren Ausführung ich eben beschäftigt bin, so möge noch die Bemerkung Platz finden, dass ich eine neue Synthese des Guanidins zu effectuiren erwarte, nämlich aus Harnstoff durch Erhitzen mit Chlorcalcium-Ammoniak:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} COH_2N \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N}_{\text{Harnstoff}} + \underbrace{Ca'\,Cl,\ H_3N}_{} = \underbrace{\left.\begin{matrix} CN \\ NH_4 \\ H \end{matrix}\right\} N}_{\text{Guanidin}} + Ca\,Cl.H_2O$$

Ich betrachte nämlich das Guanidin als ein Monoamin und zwar als Ammoniak, worin 1 At. Wasserstoff durch Cyan und ein zweites durch Ammonium vertreten ist.

W. Knop, *Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in Ammoniak- und Harnstoffverbindungen.*

Vor ungefähr zehn Jahren (Chem. Centralblatt 1860. S. 244) habe ich zur Bestimmung des Ammoniaks ein Verfahren angegeben, welches darauf beruht, das Ammoniak mit Hülfe einer bromirten Lösung von unterchlorigsaurem Natron zu zersetzen und das dabei entwickelte Stickgas zu messen. Zur Messung des Stickgases diente eine diesem Zweck angepasste U-Rohrvorrichtung (Azotometer [1]). Das ganze Verfahren hat sich in allen den Fällen, wo man nicht über 10 bis 25 Cubiccentimeter Stickgas zu entwickeln hat, bewährt [2]).

Schon damals zeigte es sich, dass die Flüssigkeit, welche zur Zersetzung des Ammoniaks dient, nicht ebenso gut brauchbar ist, wenn man grössere Mengen von Ammoniak, welche 40 bis 80 Cubiccentimeter Stickgas ausgeben, zu zersetzen und zu bestimmen beabsichtigt.

Ich habe vor Kurzem gefunden, dass man jene Lösung durch die mit überschüssiger Base versetzte Lösung von unterbromigsaurem Baryt und unterbromigsaurem Natron ersetzen kann.

---

1) Ich habe von dem Instrument (Centralblatt 1860. S. 244) eine Abbildung gegeben. Dieselbe findet sich auch in *Fresenius* Anleitung zur quantit. chem. Analyse, 5. Aufl. S. 879.

2) Nur *Kroker* und *Dietrich* geben, wie ich aus dem Jahresbericht der Chemie von 1864 ersehen habe, an, die Methode gebe zu wenig Stickstoff. Diese Behauptung ist unbegründet. Ich habe damals jede einzelne Versuchsreihe, bei der ich das Verfahren anwandte, durch Bestimmung des Ammoniaks in einer titrirten Salmiaklösung controlirt und immer sehr genaue Resultate erhalten. Ebenso berichten andere Chemiker.

Mit Hülfe des unterbromigsauren Natrons bestimmt man auch den Harnstoff, und zwar eben so leicht und sicher, wie das Ammoniak. Man bereitet die beiden Lösungen folgendermassen:

Lösung von unterbromigsaurem Baryt. Man wirft 600 Grm. Barythydrat in 2 Liter Wasser und fügt darauf 100 Cubiccentimeter Brom hinzu und schüttelt. Darauf giesst man sogleich noch die vorher bereitete Lösung von 300 Grm. Barythydrat in 1 Liter heissem Wasser, nachdem dieselben etwas abgekühlt worden, hinzu. Das Brom verschwindet sogleich und man erhält eine goldgelbe Lösung.

Die Lösung von unterbromigsaurem Natron erhält man, indem man 100 Grm. Natronhydrat in 250 Cub.-Centimeter Wasser löst, vollkommen kalt werden lässt, und der Lauge 25 Cubiccentimeter Brom beimischt.

Von der auf solche Weise bereiteten Lösung des unterbromigsauren Natrons reichen 50 CC., die man mit 200 CC. Wasser verdünnt hat, hin, um 130 bis 150 CC. Stickgas aus einer Salmiaklösung zu gewinnen. Entwickelt man bei Analysen nicht mehr als 15 bis 20 CC. Gas, so kann man mit ein und demselben Quantum Lauge 6 bis 7 Bestimmungen hinter einander machen und finden, ob bei der ersten ein Fehler durch Absorption von etwas Stickgas eingetreten ist oder nicht.

Die Fehlerquellen, mit welchen das Verfahren behaftet ist, entspringen im Wesentlichen aus folgenden Umständen.

Beim Verschliessen der Apparate bleibt zwischen dem Kautschukstöpsel und dem Spiegel der Flüssigkeit immer ein Quantum Luft, dessen Temperatur sich durch die Berührung mit der Flüssigkeit, in welcher die Reaction der unterbromigen Säure auf das Ammoniak stattfindet, ändert. Das ganze Verfahren verliert seine Bedeutung, wenn man nicht dafür Sorge getragen hat, dass dieses Quantum Luft klein ist, es soll höchstens 15 bis 20 CC. betragen.

Die Erwärmung, welche die Lauge bei der Einwirkung auf das Ammoniaksalz erfährt, beträgt für 250 CC. Flüssigkeit:

Wenn sich entwickeln	Grade Cels
5—10 CC. Stickgas	0,1—0,2
10—20 » »	1 — 2
20—40 » »	2 — 3
40—80 » »	4 — 6

Lässt man das Gas, das sich beim Zusammenschütteln der Lauge mit der Lösung des Ammoniaksalzes entwickelt, sogleich aus dem Zersetzungsgefäss in das Azotometer übertreten, so kann, wenn man nicht eine besondere Vorsichtsmassregel dagegen trifft, leicht etwas Ammoniak mit fortgerissen werden, in solchem Falle giebt das Verfahren dann allerdings etwas zu wenig Stickgas. Bei meinen früheren Versuchen blieb dessbalb das Zersetzungsgefäss so lange verschlossen, bis alles Ammoniak zersetzt war.

Der Fehler, der aus der Absorption des Stickgases entspringt, ist sehr klein und lässt sich leicht unschädlich machen. Die unterbromige Säure füllt offenbar den Raum, den das entwickelte Stickgas einnehmen könnte, ganz aus, wenn Lauge genug im Verhältniss zur Flüssigkeit im Zersetzungsgefäss vorhanden ist. Bei 50 CC. der Lösung in 250 CC. Wasser habe ich gar keine Absorption bemerken können. Bei der Verdünnung desselben Quantums Lauge mit 400 CC. Wasser wird höchstens ein zwanzigstel Cubiccentimeter Stickgas vermisst, erst wenn ich 50 CC. der Lösung vom unterbromigsauren Natron mit 800 CC. frischem kohlensäurehaltigem und lufthaltigem Wasser mischte, trat ein Verlust ein, der 1,5 CC. bis 2 CC. betrug.

Wenn man ganz kleine Mengen Ammoniak in sehr grossen Quantitäten einer Flüssigkeit zersetzt, so sammeln sich die feinen Gastheilchen nicht schnell genug zu grösseren Bläschen an, um rasch emporsteigen zu können, in solchen Fällen mag man auch zu wenig Gas erhalten.

Endlich ist zu beachten, dass zur richtigen Berechnung der entwickelten Mengen Stickgas die Grade des Azotometers richtige Cubiccentimeter und die Gewichte richtige Grammgewichte sein müssen.

Vermeidet man die angedeuteten Fehler, so wird man von diesem Verfahren in sehr vielen Fällen Nutzen ziehen können.

Hat man nur 3 bis 5 Cubiccentimeter Stickgas zu entwickeln, so concentrire man die Lösung, aus der dieselben hervorgehen sollen, auf 20 bis 50 CC. und behandle sie in einem Gefäss, das im Ganzen nur 50 CC. Inhalt hat.

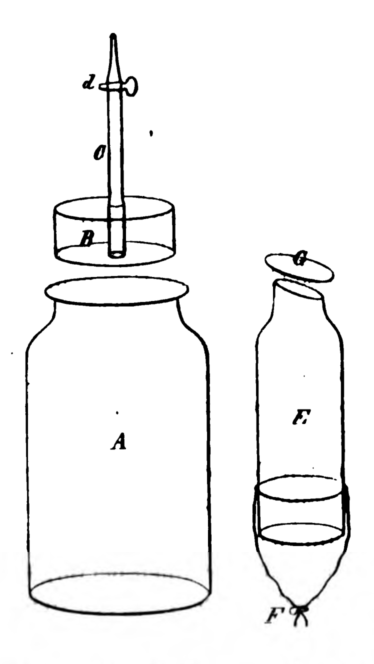
Bestimmt man Ammoniak- oder Harnstoffmengen von der Grösse, dass sie 10 bis 20 CC. Gas entwickeln, so kann die Gesammtflüssigkeit 200 bis 250 CC. betragen. Für Entwickelungen

von 25 bis 80 CC. nehme man grössere Gefässe, solche von 300 bis 400 CC. Inhalt.

Ich habe im Laufe dieses Winters mehr als 100 Ackererden auf ihr Absorptionsvermögen für Ammoniak geprüft. Bei jedem einzelnen Versuch blieben 50 Grm. Feinerde, gemengt mit 5 Grm. Kreide, mit 100 Cubiccentimeter einer Salmiaklösung zwei bis drei Tage stehen, welche von vorn herein so titrirt war, dass jedes Cubiccentimeter Lösung genau 1 Cubiccentimeter Stickgas von 0° und 76 Centimeter Barometerstand gab.

Nach beendigter Absorption decantirte ich 20 oder 40 Cubiccentimeter von der Flüssigkeit und bestimmte darin das Ammoniak wieder. Aus dem Verlust berechnet sich die Absorption für die ganzen 100 CC. Salmiaklösung.

Diese ganze Arbeit hat weniger Zeit in Anspruch genommen, als die Prüfung der Methode auf ihre Fehlerquellen.



Ich gebe nun die Beschreibung des Apparates, der bei meinen Versuchen gedient hat, und der Art und Weise, wie er gebraucht wurde, als ein Beispiel, wie man mit Vermeidung aller grösseren Fehler mit Leichtigkeit eine Menge Ammoniakbestimmungen und Harnstoffbestimmungen in kurzer Zeit ausführen kann.

Das Gefäss, in welchem die bromirte Natronlauge auf die Stickstoffverbindung einwirkt, ist ein weithalsiges Glas *A* von 250 CC. Inhalt, dessen Mündung durch den Kautschukstöpsel *B* verschlossen werden kann. Derselbe ist in der Mitte durchbohrt. In die Durchbohrung ist ein Glasrohr *C* von 1,5 Centimeter Durchmesser eingefügt. Dasselbe ist etwa zwölf Centimeter lang, oben in eine Spitze

ausgezogen und unterhalb der Spitze mit einem Hahn *d* versehen.

Man wählt nun noch eine Glasflasche *E* aus, die sich bequem in die Mündung des Zersetzungsgefässes einsenken lässt. Sie dient zur Aufnahme der bromirten Lauge, oder auch zur Aufnahme der Flüssigkeit, deren Gehalt an Ammoniak oder Harnstoff bestimmt werden soll. Die Mündung derselben ist oben schräg abgeschliffen. Auf die schräge Mündung lässt sich mittels Talg eine runde oder ovale Glasscheibe *G* aufkitten, welche im Durchmesser einige Linien grösser sein muss als die Flasche selbst. An das Einsatzgefäss *E* hat man unten noch eine Schlinge *F* von Bindfaden angebracht. Diese dient dazu, das Einsatzgefäss nach der Füllung und Bedeckung mit der Platte *G* umgekehrt, d. h. die Mündung nach unten gerichtet, in das Zersetzungsgefäss hineinsenken zu können.

Bei der Operation bringt man mit der Pipette 20 oder 40 Cubiccentimeter der Salmiaklösung in den Einsatz *E*. Die schräge Mündung hat man vorher mit Talg bestrichen, ebenso die Unterseite der Platte *G*. Man füllt den Einsatz *E* bis zum Rand mit Wasser, wenn ihn die Lösung selbst nicht ganz ausfüllt, und drückt die Platte so auf den schrägen Rand, dass sie excentrisch auf denselben zu sitzen kommt. Darauf fasst man den Faden *F*, kehrt den Einsatz um, so dass die Mündung mit der Glasplatte *G* nach unten hängt, und senkt denselben in das Gefäss *A* hinab, in welches man vorher schon 50 CC. Lauge und die erforderliche Menge Wasser gegossen hat.

Die Flüssigkeitsmenge im Zersetzungsgefäss *A* soll so viel betragen, dass zwischen ihrem Spiegel und dem Kautschukstöpsel *B*, sobald derselbe in die Mündung fest eingedrückt worden, nicht mehr als 10—15 CC. Luft oder Zwischenraum Platz haben.

Beim Eindrücken des Stöpsels ist der Hahn *d* offen, die Luft entweicht also frei aus dem Gefäss nach aussen und nimmt deren Spannung an. Man setzt nun das Zersetzungsgefäss in einen Cylinder voll Wasser, der so hoch ist, dass das Wasser darin bis über den Hahn *d* reicht und lässt einige Minuten stehen, damit die Luft im Rohre *C* die Temperatur des Wassers annimmt. Dann steckt man die Spitze des Rohrs in den Kautschukschlauch des Azotometers, lässt den Hahn *d* offen und schüttelt, bis die Glasplatte *G* von der schrägen Mündung des Einsatzes *E* herabfällt und lässt nun die Einwirkung anfangs

ruhig fortgehen. Hierbei steigen die ersten stürmisch sich entwickelnden Gasblasen im Einsatz E auf und durch diese einfache Vorkehrung ist verhütet, dass etwas Ammoniak mit aus dem Rohr C in das Azotometer übergehen kann.

Wenn die Gasentwicklung träge geworden, lässt man die Luft aus dem Einsatz E ganz vollständig heraus; dieses geschieht dadurch, dass man den Hahn d auf einen Augenblick schliesst, das ganze Gefäss A sammt Rohr C aus dem Wasser hebt und einmal umkehrt. Ist die Luft aus E entlassen, so öffnet man den Hahn d sofort wieder und schüttelt das Gefäss einige Secunden, stellt es wieder in das Wasser und liest am Azotometer die Anzahl der erhaltenen Cubiccentimeter Gas ab, in dessen offenen Schenkel ein Thermometer eingesenkt worden ist, dessen Temperatur man notirt. Die Correction wegen der Aenderung des Barometerstandes wird man oft gar nicht nöthig haben. Die Correctur wegen der Temperatur ist natürlich immer unerlässlich.

Wenn man zu gleicher Zeit mit drei solchen Apparaten arbeitet, die entleerten Gefässe A E und Kautschukstöpsel mit ihren Röhren C immer in ein Gefäss voll Wasser wirft und liegen lässt, das beinahe die Temperatur des Zimmers angenommen hat, so braucht man weiter keine besonderen Einrichtungen am Azotometer und kann recht gut in 15 Minuten zwei Ammoniakbestimmungen machen.

Den Harnstoffgehalt einer Lösung von reinem Harnstoff in Wasser habe ich ebenso genau erhalten, wie die Ammoniakgehalte von titrirten Ammoniaksalzlösungen.

Ob sich die Harnstoffmengen im Harn neben andern Stickstoffverbindungen richtig bestimmen lassen, muss durch besondere Versuche ermittelt werden.

Es hat ein allgemeineres Interesse, zu erfahren, welche Stickstoffverbindungen bei der Behandlung mit unterbromigsaurem Natron ihren Stickstoff ganz oder theilweise ausgeben. Ich werde die Untersuchungen in dieser Richtung fortsetzen und auch auf die aus den Eiweisskörpern abgeleiteten Producte, über welche ich in der Sitzung am 4. Febr. 1868 vorläufige Mittheilung gemacht habe, anwenden. Es ist mir gelungen, diese Producte von den schwefelweinsauren Salzen, die bei ihrer Darstellung entstehen, zu trennen, nachdem ich das Verfahren

der Bereitung abgeändert habe. Ich stelle dieselben jetzt aus trocknen Eiweisskörpern dar, was den Vortheil darbietet, mit viel geringeren Mengen Schwefelsäure arbeiten zu können, als sie zur Lösung von frisch gefälltem Eiweiss nöthig sind.

Einstweilen sei hier nur bemerkt, dass die Hippursäure bei gewöhnlicher Temperatur kein Stickgas, die Harnsäure dagegen einen Theil von ihrem Stickstoffgehalt entwickelt, wenn man sie mit der bromirten Natronlösung behandelt. Erwärmt man Harnsäure mit dieser Lösung, so bekommt man ein Drittel vom ganzen Stickstoffgehalt. Dasselbe Resultat erhielt ich früher schon mit *W. Wolf*, als wir dieselbe Säure mit der bromirten, alkalisch gemachten Lösung von unterchlorigsaurem Natron zersetzten. Die Producte, welche hierbei entstehen, sollen in Zukunft ebenso wie die bei der Zersetzung verschiedener Alkaloide auftretenden in meinem Laboratorio weiter untersucht werden.

Zur Behandlung von nichtflüchtigen Stickstoffverbindungen wende ich, statt des oben beschriebenen Zersetzungsgefässes, Glasflaschen an, in welche ich auf der Glashütte eine verticale Scheidewand von Glas habe einschmelzen lassen, welche je nach dem Zweck den innern Raum desselben in zwei gleiche oder ungleiche Zellen theilt, von denen die eine zur Aufnahme der Stickstoffverbindung, die andere zur Aufnahme der bromirten Lauge dient.

Dr. C. **Dittmar.** *Ein neuer Beweis für die Reizbarkeit der centripetalen Fasern des Rückenmarks.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

A. v. Bezold hat in seiner Abhandlung über ein neues excitirendes Nervensystem des Herzens (Untersuchungen über Innervation des Herzens. II. Abtheilung. 1863) die Beobachtung mitgetheilt, dass jede auch noch so leise Reizung der Haut, ja selbst die der Gehörnerven durch eine Erhöhung des arteriellen Blutdruckes und eine Vermehrung der Pulszahl beantwortet werde, vorausgesetzt, dass das dem Versuch unterworfene Thier mit Curare vergiftet und die Halsstämme seiner N. vagi durchschnitten waren. Diese Beobachtungen sind, wie bekannt, von *Lovén* und *Asp* bestätigt und zugleich erweitert worden, indem sie auch Thiere dem Versuch unterwarfen, an welchen entweder die N. vagi erhalten oder die Beschleunigungsnerven des Herzens durchschnitten waren.

Weil nun nach den Beobachtungen von *C. Ludwig* und *Thiry* das Ansteigen des Blutdrucks von einer Verkürzung der Muskelringe um die kleinsten Arterien herrührt, welche von den sensiblen Nerven reflectorisch veranlasst wird, so eignet sich diese Reaction zu einer Prüfung der sensiblen Eigenschaften eines Nervenstückes überhaupt. Von dieser Betrachtung geleitet, schlug mir Professor *Ludwig* vor, mit diesem Mittel die Entscheidung der viel discutirten Frage von der Reizbarkeit der Rückenmarkssubstanz zu versuchen. Der Nachweis des Vorhandenseins einer solchen konnte bis jetzt mit Erfolg nur für die Vorderstränge geliefert werden (von *Fick* und *Vulpian*), für deren Erregung allein wir ja in der Contraction von Muskeln ein hinreichend feines und sicheres Reagens besassen. Für die »ästhesodische« Sub-

stanz war ein solcher Nachweis in neuerer Zeit nicht einmal versucht worden. — Auch bei der Ausführung der ganzen nachfolgenden Untersuchung verdanke ich Prof. *Ludwig* die ausgiebigste Unterstützung durch Rath und That.

Als Versuchsthiere wählte ich Kaninchen. Sie waren, um anderweitige für unsern Zweck störende Nebenwirkungen des sensiblen Reizes auszuschliessen, sämmtlich curarisirt. Der Blutdruck in der Carotis wurde mittelst des Quecksilbermanometers registrirt. Die Vagi habe ich in keinem meiner Versuche durchschnitten.

Zunächst hatte ich im Laufe meiner Untersuchung reichlich Gelegenheit, mich von der Richtigkeit der *Bezold*'schen Beobachtung zu überzeugen; die dieser Abhandlung anhangsweise beigefügten Versuchstabellen enthalten davon zahlreiche Beispiele. In allen Fällen, wo ein selbst schwacher Reiz ein sensibles Gebilde des Körpers traf, zeigte sich eine Erhöhung des Blutdrucks als Ausdruck einer Vermehrung der Widerstände im arteriellen Stromgebiet durch reflectorische Verengerung der Gefässe. Es kommt, wie wir wissen, dieser Reflex auf die Gefässnerven in der Medulla oblongata zu Stande.[1]) Zugleich zeigte sich, dass die Drucksteigerung mit der Stärke des Reizes wuchs und also als ungefähres Maass für die Grösse der Erregung benutzt werden konnte (vergl. Vers. Q Nr. 3, X 4, Z 7—12), freilich unter gewissen einschränkenden Bedingungen. Zunächst muss die Dauer der Reize, deren Effect vergleichbar sein soll, eine annähernd gleiche sein. In vielen Fällen nämlich ist das Zustandekommen der Drucksteigerung ein allmähliges und nimmt auch bei gleichem Reize eine mehr oder weniger lange Zeit in Anspruch. — Ein zweiter Umstand, der die Verwerthbarkeit der Drucksteigerung als Maass für die sensible Erregung beeinträchtigt, ist die Ermüdung des reflectorischen Organs; nicht als ob sie durch ein öfteres Inanspruchnehmen desselben überhaupt in merklichem Grade hervorgebracht würde; aber sehr häufig zeigt es sich, dass von zwei unmittelbar aufeinander folgenden Reizungen die letzte einen geringern Effect hat, als die erste. (Vergl. P 5, Y 5.)

---

1) Wie *Lovén* gezeigt hat, tritt dagegen in den Körperpartien, welche von den gereizten sensiblen Nerven versorgt werden, in den meisten Fällen eine reflectorische Erweiterung auf.

Der sensible Reiz erzeugt aber, wie schon bemerkt, nicht allein eine Verengerung der Arterien, er ändert zugleich auch die Schlagfolge des Herzens. Käme es also darauf an, die Steigerung des Druckes als ein Maass der Reizung zu benutzen, so müssten vor dem Versuche die verlangsamenden und beschleunigenden Nerven des Herzens durchschnitten werden. Ich habe beides unterlassen, weil ich mir die Wirkung nicht entgehen lassen wollte, welche die Reizung des Rückenmarks auch auf diese Nerven ausübt. Dem entsprechend kann in meinen Versuchen die Höhe des Drucks nicht so unbedingt mit der Stärke oder der Dauer des Reizes wachsen, da auch in vielen von meinen Beobachtungen die Häufigkeit des Pulses in Folge der sensiblen Reizungen ohne jegliche Regelmässigkeit verändert wird. Kommt eine Verlangsamung des Pulses zu Stande, so kann diese den Effect einer geringen Verengerung der Arterien auf den Blutdruck vollständig paralysiren, während umgekehrt eine Vermehrung der Pulsfrequenz im Stande ist, eine wenn auch immerhin mässige Drucksteigerung zu erzeugen.

Es versteht sich endlich von selbst, dass die übrigen Umstände, welche auf Blutdruck und Puls von Einfluss sind, während des Zeitraums, in welchen zwei zu vergleichende Versuche fallen, durchaus dieselben bleiben müssen. So darf natürlich kein Blutverlust von einer intercurrenten Operation den Anfangsdruck erniedrigen. Ich habe übrigens in dieser Hinsicht mehrfach bemerkt, dass bei gleichem Reize die Erhebung um so bedeutender ausfällt, je höher der vorhandene Druck in den Arterien überhaupt ist, und es scheint eine ungefähre Proportionalität zwischen den Erhebungen und den dazu gehörigen Anfangsdrücken bei gleichem Reize zu bestehen.[2]) — Viel Schwierigkeiten macht in dieser Beziehung auch die Respiration, die auf mannigfache Art Blutdruck und Puls zu beeinflussen im Stande ist. Schon eine einfache Aenderung im Rhythmus derselben ist, wie bekannt,

2) Besonders lehrreich ist in vielen der erwähnten Beziehungen der erste Vorversuch. Die zweiten Reizungen Nr. 4 und 4 (vor und nach dem Aderlasse) sind auf die ersten ziemlich rasch gefolgt und desshalb von geringerem Effect als diese. Zugleich erkennt man aber auch, dass sich die Erhebungen 17 und 29 (Nr. 4 und 4) beiläufig verhalten wie die betreffenden Anfangsdrücke 11 und 21 (Nr. 3 und 3). Bei den ersten Reizungen fehlt diese Proportionalität, weil die Dauer der beiden Reizungen sehr verschieden ist.



von einer Aenderung des Blutdrucks begleitet und kann in unserem Falle störende Fehler hervorbringen; noch viel grösser aber ist der indirecte Einfluss, den eine Aenderung der Respiration durch eventuelle Veränderung des Gasgehaltes vom Blute auf den Druck in den Arterien und die Pulsfrequenz hervorbringen kann. In den ersten Versuchen wurde die künstliche Respiration der curarisirten Thiere durch die Hand eines Gehilfen, später durch Maschinenkraft im Gang erhalten. Die letztere bewirkte einen über grössere Zeiträume hin ganz gleichmässigen Rhythmus der Respiration und es konnte dabei sowohl die Tiefe als die Frequenz der Athemzüge aufs Genaueste regulirt werden. In der That gelang es auf diese Weise den Blutdruck auf längere Strecken durchaus gleichmässig zu erhalten und so unserem Reagens auf Sensibilität erst die wünschenswerthe Empfindlichkeit und Sicherheit zu verleihen: selbst geringe Schwankungen des Blutdrucks konnten, sofern keine sonstige Bedingung zu seiner Aenderung gegeben war, noch als zweifellose Beweise einer stattgehabten sensiblen Erregung angesehen werden.[3])

So wäre denn für die sensible Erregung in der durch sie erzeugten reflectorischen Steigerung des Blutdruckes und der Aenderung der Pulsfolge ein Reagens gefunden, welches die bisher gebrauchten, wie namentlich Schmerzensäusserungen, Fluchtversuche und dergl. an Sicherheit und Genauigkeit weit hinter sich zurücklässt, und schätzungsweise den Grad der sensiblen Erregung von der schwächsten bis zur stärksten in Zahlen auszudrücken gestattet.

Dabei ist es nicht einmal nothwendig, dass das Thier selbst eine wirkliche Empfindung habe (vergl. unter anderen weiter unten pag. 28). Es sind eben diese und der in der Medulla oblongata zu Stande kommende Reflex auf die Gefässnerven einfach Schwesterfolgen vom sensiblen Reize.

Es lag mir nun vor Allem ob, die von *Asp* gemachte Beobachtung zu bestätigen, dass die Reizung des Rückenmarkes denselben

---

3) Ich habe desshalb die Curven, welche bei dem anfänglichen Modus der künstlichen Respiration gewonnen sind, planimetrirt, um den mittlern Druck über einem gewissen Zeitraum kennen zu lernen, während ich mich später damit begnügen konnte, die Höhe des Blutdrucks in irgend einem Zeitpunkte durch einfaches directes Abmessen der zugehörigen Ordinate zu bestimmen.

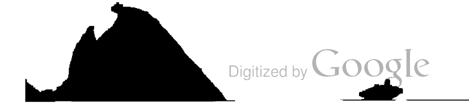
Reflex auf die Gefässnerven auszulösen im Stande sei — wobei natürlich die unterhalb der Reizstelle abgehenden Gefässnerven mittels Durchschneidung des Marks der directen Wirkung des Reizes entzogen sein müssen. Ihre directe Reizbarkeit wird seit den Untersuchungen von *Ludwig* und *Thiry* von Niemanden bezweifelt.[4]) — Um zu sehen, ob ich überhaupt von einer Untersuchung über die Reizbarkeit der Rückenmarkssubstanz ein positives Resultat zu erwarten haben würde, richtete ich diesen Versuch so ein, dass ich z. B. einen Intercostalnerven centripetal reizte und die dadurch entstehende Drucksteigerung mit derjenigen verglich, welche durch ähnlich starke Reizung des Marks in seiner Eintrittsstelle erzielt wurde. Wenn, so schloss ich, die Elemente des Rückenmarkes wirklich reizbar sind, so müssen sie bei der Reizung einen grösseren Effect geben, als der Nerv, dessen Fasern ja nur zu einem Theil des Markes werden. Der Erfolg entsprach den Erwartungen: die Drucksteigerung vom Mark aus war in der That viel bedeutender als die durch Reizung des Intercostalnerven zu gewinnende (vergl. Vers. C, U und W).

Freilich liegt auf der Hand, dass hiermit kein Beweis für die Reizbarkeit des Rückenmarks geliefert ist. Solange der Reiz immer noch Nervenfasern treffen kann, die eine Ganglienzelle noch nicht durchsetzt haben, wie dies in den Hintersträngen der

---

4) Zur Verhütung von venösen Hämorrhagien bei Eröffnung des Wirbelcanals kann ich die auch von *Schiff* angewandte Schiefstellung des Thierkörpers (etwa 45°, Hintertheil nach unten) sehr empfehlen. Hat man gut operirt und namentlich die Vv. intervertebr. zu vermeiden gewusst, so darf das Thier bei der Eröffnung kaum einige Tropfen Blut verloren haben. Ich habe bei der Eröffnung des Wirbelcanals und den in demselben vorzunehmenden Operationen das Penghavar Djambi allen anderen Blutstillungsmitteln vorgezogen. Es reizt die Markflächen nicht und lässt sich von denselben, wenn es die Blutung gestillt hat, ganz reinlich und mit der grössten Leichtigkeit wieder abheben.

Um Platz und Lagerung des Thieres, während seine Arterie mit dem Manometer in Verbindung steht, eventuell nach Belieben ändern zu können, verband ich das Bleirohrmanometer mit der Canule durch eine kurze Kette von Glasrohrstücken, die durch möglichst kurze Kautschukschläuche dicht aneinander gefügt waren, ein meines Wissens zuerst von *Moleschott* angewandter Kunstgriff, den ich überaus bequem fand. Die Arteriencanule muss natürlich mit dem einen Ende der Kette in geeigneter Weise möglichst unverrückbar am Thierkörper befestigt sein.



Fall ist, in welchen die Wurzeln vor ihrem Eintritt in die Hinterhörner noch eine Strecke mit auf- und abwärts verlaufen — so lange, sage ich, liegt natürlich immer noch die Möglichkeit vor, dass doch sie allein es waren, die den Reiz aufgenommen und den erwähnten Effect auf den Blutdruck hervorgebracht haben. Denn es wird auch von *Schiff* nicht geläugnet, dass Reizung der Hinterstränge schmerzhaft empfunden werde, während die Reizung der übrigen »ästhesodischen« Rückenmarksgebilde ohne Erfolg sein soll. Ausserdem aber lässt die Beobachtung *Heidenhain*'s, dass die Abgangsstellen von Nervenästen sich durch eine ganz besondere Reizbarkeit auszeichnen, ein Gleiches auch von den Eintrittsstellen der hintern Wurzeln in das Mark vermuthen, wo dieselben fächerförmig auseinanderstrahlend sich in die Hinterstränge nach allen Seiten hin auffasern. Trotzdem schienen diese Versuche geeignet, über eine allenfallsige Verschiedenheit des Effectes der Reizung von freien Nervenwurzeln und vom Mark auf den Puls, wie sie *Asp* vermuthet hat, und damit eventuell über die eigenthümliche Reizbarkeit der Markfasern einen Aufschluss zu geben und ich habe dieselben desshalb aufs Mannigfachste variirt. Wie wenig ich den eben erwähnten Zweck erreicht habe, soll weiter unten erörtert werden. Hier scheint es von Interesse, zu erwähnen, dass ich u. a. den centralen Stumpf des durchschnittenen Rückenmarks in eine vordere und hintere Hälfte getheilt und jeden derselben für sich gereizt habe. Von beiden erhielt ich Drucksteigerung. Die durch Reizung der vorderen Hälfte erzielte pflegte die vom hintern Lappen aus meist zu übertreffen. (Vers. G, 2 und H, 6.) Vielleicht darf dies einfach aus einer gleichzeitigen Reizung sei es der Gefässnerven in den benachbarten vordern Wurzeln, sei es der Dura erklärt werden, in deren eröffnetem Sack der vordere Lappen noch zu liegen pflegte. Sie scheint eines der empfindlichsten Gebilde des Körpers zu sein (vergl. unten pag. 25). Dann habe ich in ein paar Fällen die Drucksteigerungen verglichen, die vom Marke aus vor und nach Durchschneidung desselben unterhalb der Reizstelle erzielt werden konnten. Erhob sich der Druck vor Durchschneidung von 89,3 Mm. auf 119,7 Mm., so erhob er sich nach derselben immer noch von 95,0 Mm. auf 119,7 Mm. (vergl. E 5, 6, F 3, 4, V und W). Dies lässt schliessen, dass bei Reizung des unverletzten Rückenmarks wohl ein nicht unbeträchtlicher Theil der Drucksteigerung reflectorischer Natur

ist. Aehnliche Versuche, wie die angeführten, siehe weiter unten (pag. 28).[5])

Ungleich wahrscheinlicher würde die Reizbarkeit des Rückenmarks werden, wenn sich beweisen liesse, dass seine Reizung einen noch grössern Effect gebe, als die gleich starke Reizung gleichzeitig sämmtlicher unterhalb der Reizstelle eintretender sensibler Nerven. Die Möglichkeit der Ausführung dieses Versuchs ist durch die anatomischen Verhältnisse des untersten Theils vom Mark gegeben und ich habe eine Reihe von Experimenten unternommen, in welchen ich den Effect der Reizung der Cauda equina einerseits und des untersten Theiles vom Marke andererseits verglich. Indess sind diese Versuche misslicher und unsicherer, als es auf den ersten Blick scheinen könnte. Zunächst sind die Blutungen bei der Eröffnung dieses untersten Theiles vom Wirbelcanal fast gar nicht zu bewältigen und ich habe mir desshalb, weil mir damals noch kein Penghavar zu Gebote stand, mit kleinen Baumwollbäuschen zu helfen gesucht, die mit Eisenchlorid befeuchtet waren. Diese Substanz hat mir aus begreiflichen Gründen mehrere Versuche verdorben. — Dann aber ist es kaum zu vermeiden, dass Stromesschleifen nach den in der Nähe gelegenen grossen Nervenwurzeln gehen. Ich habe zwar in der That von dem untersten Ende des Marks einen grössern Effect bekommen können, als von der Cauda equina und ich konnte auch vom untersten Mark aus eine bedeutendere Drucksteigerung erzielen, als durch directe Reizung der letzten Nervenwurzeln. Als ich aber später zur Controle den Nerv eines Froschschenkelpräparates den Abgangsstellen der grossen Nervenwurzeln anlegte, da bestätigte sein Tetanus bei Reizung des untersten Endes vom Rückenmark meine Befürchtung, es möchten Stromesschleifen nach denselben gegangen sein und verbot mir weitere Schlüsse aus den in Rede stehenden Versuchen zu ziehen.

Ich habe desshalb diesen Weg der Beweisführung verlassen und einen directeren betreten. Der Gang der Versuche, die ich jetzt unternahm, war im Allgemeinen der, dass ich den centralen Stumpf eines durchschnittenen Rückenmarks eine Strecke

---

5) Einmal erhielt ich bei Reizung des Hirnendes vom durchschnittenen Mark statt einfacher Erhebungen, eine Suite von klonischen Krämpfen des reflectorischen Organs. Der Druck stieg jedesmal rapide auf eine nicht unbeträchtliche Höhe, um sogleich ebenso rapide wieder abzusinken. (W 4.)

weit seiner Hinterstränge und des hintern Theils seiner Seitenstränge vollständig beraubte, so dass die grauen Hinterhörner zu Tage lagen. Wenn noch auf Reizung des so präparirten Stumpfes eine Drucksteigerung aufträte, so würde jetzt erst die eigenthümliche Reizbarkeit der »ästhesodischen« Rückenmarkselemente erwiesen sein. Die schon früher erwähnten Versuche, wo auf Reizung der vorderen Hälfte eines der Länge nach getheilten Rückenmarksstumpfes eine namhafte Drucksteigerung eintrat, liessen auch bei dem in Rede stehenden Experimente von vornherein einen günstigen Erfolg voraussehen. Freilich waren noch mehrere Fehlerquellen zu eliminiren: zunächst konnte der Reiz ja die mit dem präparirten Stumpfe noch in Zusammenhang stehenden vordern Wurzeln treffen, und auf diesem Wege Drucksteigerung erzeugen; sie mussten also durchschnitten werden. Dann hatte man sich durch ein reizbares Froschschenkelpräparat, dessen Nerv auf die obere Grenze der durchschnittenen Hinterstränge gelegt wurde, vor dem Einwand sicher zu stellen, es möchten Stromesschleifen nach oben in das Gesammtmark gelangt sein. Endlich durften aber auch keine Stromesschleifen nach anderen sensiblen Gebilden gehen, die mit der Medulla obl. in leitender Verbindung standen. Eine Beobachtung hatte mich in dieser Beziehung zu besonderer Vorsicht ermahnt. Es interessirte mich nämlich, den Grad der sensiblen Erregungen kennen zu lernen, welche die vorbereitenden, oben erwähnten operativen Eingriffe am Mark veranlassen (vergl. Vers. d). Da zeigte es sich denn, dass die einfache Eröffnung des Durasackes schon eine ganz überaus bedeutende Drucksteigerung zu erzeugen im Stande sei, und ich kann es nur dem schon früher erörterten Umstande der Ermüdung des reflectorischen Organs zuschreiben, wenn die unmittelbar darauf folgende Ablösung der Hinterstränge — gewiss eine der ausgesucht schmerzhaftesten Operationen, die sich am Thierkörper vornehmen lassen — den Blutdruck nicht höher empor zu treiben im Stande war, als die Verletzung der Dura. Wir kennen die Nervenvertheilung in letzterer zu wenig, als dass ich es unterlassen durfte, auch sie bei unserem Versuche vor Stromesschleifen sicher zu stellen. Es galt also den Stumpf so zu lagern, dass er mit keinem anderen Körpertheile (das Rückenmark selbst natürlich ausgenommen) in elektrischleitender Verbindung stand. (Ich pflegte ihn herauszunehmen und auf einem Glasplättchen oder, was ich noch zweckmässiger

fand, auf sogenanntes Guttaperchapapier zu legen.) Ist dies noch erreicht, so ist der Versuch, wie mir scheint, ganz einwurfsfrei und der gesammte Effect, der durch Reizung des centralen Rückenmarksstumpfs erzielt wird, muss auf die Erregung der »ästhesodischen« Rückenmarkselemente bezogen werden.

Das Experimentum crucis ist also nach dem Gesagten folgendermaassen anzustellen:

Das Rückenmark des curarisirten Thieres, bei dem die künstliche Respiration eingeleitet und in die Carotis eine Canule gesetzt ist, wird auf einige Wirbellängen blossgelegt und im unteren Theil der Wunde durchschnitten. Dann wird die Dura über dem centralen Stumpf eröffnet und mittelst eines feinen sehr scharfen Messerchens etwas nach aussen von den Furchen zwischen Hinter- und Seitensträngen, also ausserhalb der Eintrittsstelle der hinteren Wurzeln, beiderseits ein Längsschnitt geführt. Man bringt alsdann das Messerchen unter die von den Seitentheilen getrennte Markmasse und hebt nun durch vorsichtige langgezogene Schnitte diese von der vorn anliegenden grauen Substanz. Es gelang so die hintere Markmasse bis in die Hinterhörner hinein von den übrigen Theilen des Rückenmarksstumpfes abzulösen, so dass man diesen der Länge nach in zwei Theile gespalten hat, deren einer vorzugsweise die Hinterstränge, der andere aber die Vorderstränge, den grössten Theil der Seitenstränge und den grössten Theil der grauen Substanz umfasst und die beide isolirt gereizt werden können. Die vordern Wurzeln werden nun entweder mit einer Nadel neben dem Stumpfe durchrissen, oder während des Herausnehmens desselben mit der Scheere nacheinander durchschnitten. Das Herausnehmen ist meist von heftiger Blutung aus den Venen des Wirbelcanals begleitet. Man stillt diese durch rasches Ausfüllen des Canals mit Schwammstücken. Das freie Hirnende des Marks wird alsdann durch eine dünne Guttaperchaplatte, die man unterschiebt, vom Thierkörper isolirt und durch Serum oder $^1/_2$ procentige Kochsalzlösung vor dem Vertrocknen geschützt und endlich an die obere Grenze der präparirten Partie des Marks der Nerv eines Froschschenkelpräparats angelegt.

Bei der Reizung des seiner Hinterstränge beraubten Stumpfes zeigte sich nun, dass das Rückenmark nicht nur sensible Reize aufzunehmen im Stande ist, sondern zugleich, dass es eines der reizbarsten Gebilde des Thierkörpers ist. Schon ein einfaches

Streichen mit einer stumpfen Nadel (X 2, 6; f 5), Wechselströme, die an der Zungenspitze nicht gefühlt werden konnten (c 2), sind im Stande gewesen, eine nicht unbedeutende Drucksteigerung zu erzeugen. Zugleich haben wir hier einen der sichersten Reizungsversuche vor uns. Selbst in den Experimenten, die ich aus anderen Gründen für misslungen halten muss, hat mir der in Rede stehende Effect vom präparirten Rückenmarksstumpfe aus nie gefehlt (vergl. auch Vers. i). Wiederholt habe ich bemerkt, dass momentane mechanische Reize, wie z. B. ein Scheerenschnitt und dergleichen ohne Effect blieben, während ein solcher doch durch länger anhaltende, wenn auch an sich viel schwächere mechanische Reize, wie z. B. das Streichen mit der stumpfen Nadel, hervorgebracht werden konnte.

Um diese letztere Erscheinung weiter zu verfolgen, habe ich den seiner Hinterstränge beraubten Stumpf mit je einem heftigen Inductionsschlage eines grösseren Schlittenapparates von Siemens und Halske gereizt, und dabei ebenfalls keine Drucksteigerung beobachten können, selbst dann nicht, wenn das Mark alle drei Secunden von einem solchen Schlage getroffen wurde.[6] Derselbe Stumpf reagirte nachher auf Wechselströme, die auf der Zunge kaum fühlbar waren, und auf Streichen mit der stumpfen Nadel ganz vortrefflich. Eine ähnliche Beobachtung hat übrigens *Setschenow* bekanntlich auch für die gewöhnlichen Rückenmarksreflexe auf willkürliche Muskeln gemacht (cf. Vers. e und f). — Dem eben erörterten Umstand mag es wohl auch zuzuschreiben sein, dass ich durch sehr heftig wirkende chemische Reize, wie z. B. Benetzen des Stumpfs mit concentrirter Salpetersäure, Auflegen eines Kalistückchens und dergleichen, deren reizende Wirkung auf die Nervensubstanz bekanntlich auf momentaner Zerstörung derselben beruht, niemals eine Drucksteigerung vom Mark aus erzeugen konnte (c 4, 5). Wohl aber gelang es mir einmal, durch Auflegen eines mit 5procentiger Kalilauge getränkten Schwämmchens eine deutliche Wirkung in Form von krampfartigen Erregungen des reflectorischen Organs zu erhalten (e 4).

Um die Bahnen kennen zu lernen, welche den Reiz aufnehmen und auf die Medulla übertragen, habe ich den Stumpf

6) Die geringe Drucksteigerung in c, 1 und 2 muss wohl der gleichzeitigen Pulsbeschleunigung zugeschrieben werden. Sie fehlt bei der Druckerhöhung durch Wechselströme (Nr. 3).

in Vorder- und Seitenstränge getheilt und einmal auch zugleich die graue Substanz isolirt. Leider habe ich nur zwei derartige Versuche angestellt. Reizung der Vorderstränge blieb immer ohne Effect. Reizung eines Seitenstrangs dagegen hatte stets eine wenn auch kleine Drucksteigerung zur Folge; von der grauen Substanz aus erhielt ich keine Wirkung. Uebrigens erlaubt mir die geringe Zahl der in dieser Beziehung angestellten Versuche nicht, aus ihnen irgend welche sichere Schlüsse zu ziehen (h 5—10, k 7—10). Auch die Hinterstränge habe ich einige Mal isolirt gereizt (Vers. Z 1, 2. k 3, 4). Die von ihnen erzeugten Drucksteigerungen waren relativ kleiner, als die durch gleichen Reiz vom vorderen Rückenmarksstumpf zu erzielenden. — Reizung des peripherischen Rückenmarksstumpfs (meist die obere Grenze des Lendenmarks) erzeugte Drucksteigerungen, welche theils grösser (Z 6), theils aber auch kleiner (cf. Y 4, 5 und 6, 7) waren, wie die reflectorischen vom centralen Stumpfe aus (vergl. pag. 23). Stets war mit denselben eine mehr oder minder beträchtliche Pulsverlangsamung verbunden.

Wir haben bisher das Zustandekommen unseres Reflexes von den sensiblen auf die Gefässnerven in die Medulla oblongata verlegt. Es sprechen für diese Annahme so viele Thatsachen, dass die Beobachtungen *v. Bezold*'s, wornach das Sensorium selbst der Sitz jener reflectorischen Uebertragung sei, höchst auffallend erscheinen mussten. Trennung des grossen Gehirns von der Medulla sollte den Reflex nicht zu Stande kommen lassen. Als ich es unternahm, diese Beobachtungen zu wiederholen, fand ich gleich beim ersten Versuch (a) zu meinem grossen Erstaunen, dass nach der Trennung des Grosshirns von der Medulla obl. die heftigste mechanische oder elektrische Reizung des N. ischiadicus auf den Blutdruck in der That ohne alle Wirkung blieb. Als ich aber, um zu sehen, ob Reizung des Rückenmarks dasselbe negative Resultat gäbe, den Wirbelcanal eröffnete, da bemerkte ich, dass der Durasack prall mit Blut gefüllt war, welches bei der Eröffnung desselben ausfloss. Sofort war aber jetzt die Reizung des Ischiadicus sowohl, wie die des Markes von der gewohnten Wirkung auf den Blutdruck begleitet. Ob das im Durasack angesammelte Blut durch seinen Druck eine Circulationsstörung im Marke veranlasste und darum jene Erscheinung verursachte, oder ob der Druck des ausgetretenen Blutes an sich schon eine paralysirende Wirkung auf die Rückenmarkselemente hervor-

zubringen im Stande ist, vermag ich nicht zu entscheiden.[7]. Bei einem zweiten Versuche trat trotz der vollständigen Trennung des Zusammenhangs von Gehirn und Medulla oblongata die Drucksteigerung auf Reizung des Ischiadicus schon bei uneröffnetem Wirbelcanal sehr schön ein: es zeigte sich aber auch der Durasack diesmal von Blut nicht erfüllt.

Durch die vorstehenden Versuche ist unwiderlegbar bewiesen, dass innerhalb des Rückenmarks ein System von Fasern vorkommt, welche, obwohl sie nicht zu den Nervenwurzeln gehören, den directen Reizen zugängig sind, die zugleich die empfangene Erregung durch die ganze Länge des Rückenmarks hindurch fortpflanzen und sie endlich in der Medulla oblongata auf motorische Nerven übertragen. Will man diese Fasern nicht als sensible in engerem Wortsinn betrachten, so muss man sie jedenfalls als ein Analogon derselben, etwa als sogenannte excitomotorische ansehen. Wägt man die Gründe ab, welche für die eine oder die andere Unterstellung sprechen, so scheint es mir als ob sich die Annahme sensibler Fasern mindestens nicht widerlegen lasse. Dazu kommt, dass die Erscheinungen, welche innerhalb der Gefässmusculatur vom Rückenmark aus hervorgerufen werden können, so vollständig denjenigen gleichen, welche durch die Erregung ausgesprochen sensibler Nerven veranlasst werden, dass kein Verdacht entstehen kann, als ob in beiden Fällen zwei wesentlich verschiedene Sorten von Nerven der Ausgangspunkt jener Erscheinungen gewesen wären. Es hiesse also eine durch nichts gerechtfertigte Complication in die Erklärung einführen, wenn man ein besonderes excitomotorisches System annehmen wollte.

Das Verhalten des Pulses bei sensiblen Reizen haben wir bei den obigen Auseinandersetzungen ganz ausser Acht gelassen und zwar aus dem Grunde, weil es, wenn auch für sich von grossem Interesse, doch für die Beurtheilung der Wirkung des sensiblen Reizes, der Blutdrucksteigerung durch reflectorische Arterienverengerung, von mehr untergeordnetem Werth ist (vergl. übrigens pag. 20) und dann, weil es zu verwickelt

---

7) Die letztere Möglichkeit wird durch den Umstand angedeutet, dass der präparirte und herausgenommene Rückenmarksstumpf, in welchem doch die Circulation wohl gänzlich aufhört, von seiner Reizbarkeit nach 15 und mehr Minuten oft nur wenig eingebüsst hat.

und unregelmässig ist, eine Eigenschaft, welche es bei Erregung aller der sensiblen Gebilde beibehält, die ich bei meiner Untersuchung mit Reizen behandelt habe. Da es bei dieser Inconstanz der Resultate nicht möglich ist, diese zu einem Gesetze zusammenzufassen, so muss ich mich darauf beschränken, sie in einfacher Aufzählung einander gegenüber zu stellen.

Gleich der erste (Vor–)Versuch ist in Beziehung auf die Verhältnisse des Pulses besonders lehrreich.

In der ersten Reizung vor dem Aderlasse (Nr. 2) zeigt sich in Folge der Druckerhöhung eine Verlangsamung des Pulses, welche beim vorübergehenden Absinken des Drucks nachlässt. Anders nach dem Aderlasse; hier tritt mit der Drucksteigerung eine Beschleunigung des Pulses auf, wahrscheinlich durch reflectorische Erregung der excitirenden Herznerven, deren Nachlass ein kurz dauerndes geringes Absinken des Drucks zur Folge hat. Es lässt sich dieser Fall, wie man sieht, leicht unter die bekannten Gesetze subsumiren. Allein dies trifft nicht immer zu: Pulsverlangsamung kommt auch unabhängig von der Höhe des Drucks, ja in manchen Fällen ohne alle Erhöhung desselben zu Stande (vergl. C 4, Q 1). Für sie muss eine directe erregende Wirkung von den sensiblen Nerven aus auf die Vagusursprünge angenommen werden. Dann beobachtet man aber auch bei höherem Anfangsdruck neben geringer wie neben bedeutender Drucksteigerung statt der Verlangsamung entweder eine Beschleunigung des Pulses oder auch (und zwar sehr häufig) keine Veränderung desselben (z. B. Vers. V, W 2, X 8, a, i u. s. w.).

In sehr vielen Fällen von Reizung sensibler Gebilde sind Veränderungen des Pulses in dem einen oder anderen Sinne zugleich zu beobachten, so zwar, dass sie entweder schon während der Reizung miteinander abwechseln (z. B. a 5) oder dass die eine die gegentheilige ersetzend als Nachwirkung nach beendigtem Reize auftritt. So steigt z. B. (ein sehr häufiges Vorkommen; vergl. u. a. D) der Druck mit raschen Pulsen an, welche sogleich nach der Reizung durch sehr langsame ersetzt werden; in k 2 zeigte sich nach den Vaguspulsen beim Ansteigen, Beschleunigung des Pulses als Nachwirkung beim Abfalle. Viele der in Rede stehenden Fälle fügen sich der *Asp*'schen Hypothese, wornach die Wirkung des sensiblen Reizes auf das Centrum der beschleunigenden Herznerven und die Wirkung des erhöhten Blutdrucks auf das Vaguscentrum gleichzeitig auftreten sollen

und es nur von der jeweiligen Erregbarkeit des einen oder des anderen abhänge, welche Wirkung die Oberhand behalte. Der Reflex auf die excitirenden Herznerven höre mit der Reizung auf, die Erregung des Vaguscentrums dagegen sei einer bedeutenden Nachwirkung fähig, welche die nach Beendigung des Reizes so häufig sich zeigende Pulsverlangsamung erkläre. — Für viele andere Fälle dagegen hat die Annahme etwas sehr Ansprechendes, dass die Pulsbeschleunigung nicht blos durch eine reflectorische Wirkung des Reizes auf die excitirenden Herznerven, sondern auch durch eine reflectorische Verengerung der die Vagusursprünge versorgenden Arterien bedingt sein könne. Die Contraction der Gefässe des Körpers scheint nur bei kürzeren Reizungen ganz gleichmässig andauernd zu sein und die normaler Weise vorkommenden beständigen Schwankungen des Lumens der einzelnen Arterien dürften vielleicht nur bei ganz starken Reizen völlig ausgelöscht sein. So würde z. B. eine vorübergehende Erweiterung der Arterien des Vaguscentrums während der Reizung die Pulsverlangsamung ohne besonderen Abfall, länger nachdauernde Verengerung derselben die beschleunigende Nachwirkung des Reizes erklären, die besonders bei sehr allmähligem Absinken des Drucks oft noch eine sehr bedeutende ist (siehe Vers. A, B, vergl. auch k 2). Intercurrente Erweiterung vieler oder sämmtlicher Arterien, wie sie vornehmlich bei länger dauernden Reizungen sich beobachten lässt, wird dann während der Reizung ein oft rhythmisch auftretendes Abfallen des Drucks bedingen, welches entweder mit mehr oder weniger bedeutender Verminderung der Pulszahl — ein überaus häufiges Vorkommniss (E 3, F 4, G 2, 1, P 2, 5 u. s. w.) oder auch (seltner) mit Vermehrung derselben verbunden ist.[8])

So mag sich auch erklären, dass nach Exstirpation der beiden Ganglia stellata sowohl in einigen der *Asp*'schen wie auch in meinen Versuchen (K, L und M) noch eine geringe Pulsbeschleunigung neben beträchtlicher Drucksteigerung auftreten konnte.

Was den Einfluss des Reizortes auf das Verhalten des Pulses

8) Die ausserordentliche Pulsverlangsamung beim Abfall in g 5 dagegen dürfte wohl nur aus einer reflectorischen Wirkung des Reizes auf den Vagus zu erklären sein. Der Blutdruck erreicht in diesem Versuche niemals die Höhe des gewöhnlichen Drucks in der Kaninchencarotis.

betrifft, so habe ich durchgreifende Unterschiede nicht bemerken können. Die von *Asp* beschriebene Pulsbeschleunigung bei (elektrischer) Reizung des centralen Rückenmarksstumpfes ist nach meinen Versuchen ein keineswegs constantes Phänomen. Abgesehen von dem schon oben erwähnten Falle der Pulsverlangsamung ohne Drucksteigerung (Q 1) habe ich eine solche neben bedeutenden sowohl (Y 4, E 6) wie neben geringen Druckerhöhungen (Z 9) beobachten können. Andre Male blieb sich die Frequenz und zwar gleichfalls bei schwachen Drucksteigerungen eben sowohl (z. B. k 5, 6 und öfters) als auch bei stärkern (W 2, 3) vollständig gleich.

Auch die Natur des Reizes zeigte sich für die Art der Veränderung des Pulses durchaus nicht maassgebend. Einige Male konnte ich durch mechanische Reize allerdings eine Verlangsamung (U 2, W 5), andere Male aber gar keine Veränderung (U 5, W 6; X 2, Y 10, f 3—5), in noch anderen Fällen dagegen eine Beschleunigung des Pulses erzeugen (E 8, Y 8).

Was den Einfluss der Stärke des Reizes betrifft, so ist auch dieser im Ganzen ein sehr inconstanter. Bei demselben Reize kann das Verhalten des Pulses die grössten Unregelmässigkeiten darbieten (Z 9—12). Allerdings pflegten stärkere Reize den Puls eher zu beschleunigen als schwächere und lieferten vom Marke aus, aus begreiflichen Gründen, fast stets eine mehr oder weniger bedeutende Erhöhung seiner Frequenz — aber auch dies nicht ausnahmslos. In W 2 und 3 z. B. bewirkt auch die stärkste Reizung des Marks keine Veränderung der Pulszahl, in U 8 dagegen erzeugt diese vom Intercostalnerven aus eine Verlangsamung des Pulses, der bei schwächeren Reizungen stets gleich geblieben war.

Wiederholt habe ich bemerkt, dass die Pulsbeschleunigung besonders in den Fällen sehr auffallend gewesen ist, wo wegen mangelhafter künstlicher Respiration, wie sie durch die Hand eines Gehilfen geschah (vergl. pag. 21), schon vor der Reizung Vaguspulse bestanden. Man vergleiche nur in dieser Beziehung die Versuche A, B, E, F, G, H, M mit den spätern[9]), in welchen der vollkommneren künstlichen Respiration wegen die Pulszahl von vornherein eine weit bedeutendere war als in jenen, und in

9) Man beachte dabei, dass in den Versuchen A—K die angegebene Pulszahl sich auf eine Zeiteinheit von ca. 1,6 Sec. bezieht.



denen die Pulsbeschleunigung in überaus vielen Fällen gänzlich fehlte und, wo sie aufgetreten, eine relativ nur unbedeutende gewesen ist. Vielleicht darf man dabei an die Beobachtungen *J. Rosenthal's* denken, welcher die gewöhnlichen Reflexkrämpfe strychninisirter Thiere ausbleiben sah, sowie er diese apnoisch gemacht hatte. Vielleicht mag aber auch eine Erregung der Vagusursprünge überhaupt leichter hervorzurufen, als zu steigern sein. In einem (leider einzigen) Versuche (I) habe ich bei bestehendem Vaguspulse die Aorta comprimirt und trotz beträchtlicher Drucksteigerung keine Beschleunigung desselben erzielen können. In einem anderen Falle (C und D), wo keine Kohlensäurevergiftung bestand, stellte sich eine namhafte Pulsbeschleunigung auf sensible Reize erst dann ein, als eine Verlangsamung des Pulses als Nachwirkung von den Reizungen aufgetreten war, während diese anfänglich die Pulsfrequenz primär herabgesetzt hatten.

Auf eine weitere Verfolgung der hier angeführten Erscheinungen und Hypothesen habe ich verzichtet: sie lag zu sehr ausserhalb des Plans meiner Untersuchung.

Versuchstabellen.

Sämmtliche Thiere (Kaninchen) waren curarisirt. Die künstliche Respiration geschah in den ersten Versuchen durch die Hand eines Gehilfen, später mittelst der Maschine (vgl. pag. 21). Der Blutdruck wurde in der Carotis und zwar (wo nicht das Gegentheil bemerkt ist) mit dem Quecksilbermanometer gemessen.

Vorversuch.

Kaninchen curarisirt, rechter N. cruralis gereizt. Federmanometer.

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck
1. Vor der ersten Reizung	4.7	20
2. Erste Reizung des Nerven	3.5	34
Während der Reizung vorübergehender geringer Abfall	4.5	
Die Reizung dauert 9 Sekunden.		
3. Vor der zweiten Reizung		21
4. Zweite Reizung (16 Sekunden dauernd) .		29

Dasselbe Thier nach einem starken Aderlasse:	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck
1. Vor der ersten Reizung	4.3	9
2. Während der ersten Reizung	5	18,5
Während der Reizung ein kurzdauerndes und geringes Absinken	4.0	
Die ganze Reizung dauert 16 Sekunden.		
3. Vor der zweiten Reizung.		11
4. Während der zweiten Reizung		17
Die Reizung dauert 16 Sekunden.		

Versuch A.

Kleines Kaninchen, curarisirt; Wirbelsäule vom 9. bis 11. Brustwirbel eröffnet; Mark nicht durchschnitten.

	Puls in der Zeiteinheit*)	Mittlerer Druck in Millimetern**)
1. Vor der Reizung	4	104.5
2. Reizung des 11. linken Intercostalnerven.	4.5	123.5
3. Reizung des Marks		186.7
4. 19 Zeiteinheiten nach der Reizung des Marks	9	144.4

Versuch B.

Dasselbe Kaninchen.

1. Vor der Reizung	3.5	93.1
2. Reizung der n. ischiad. sin.	6.5	172.9
3. Während der nächsten 7 Zeiteinheiten nach Reizung des Nerven	5	163.4
4. Reizung des Marks	8	193.8
5. 8 Zeiteinheiten nach beendigter Reizung des Marks	7	152
Nach vollendetem Abfall	4.5	

Versuch C.

Grosses Kaninchen, curarisirt. Rückenmark im 1. Lendenwirbel durchschnitten; über der Durchschnittsstelle gereizt.

1. Vor der Reizung	6.6	72.2
2. Reizung des 11. rechten Intercostalnerven.	6.3	76

*) Dieselbe beträgt etwa 1.6 Sekunden.

**) Vgl. pag. 21 Anm.

C	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
3. Vor der nächsten Reizung	6	76
4. Reizung des Nerven verstärkt.	4.3	76
Der Druck hebt sich zu Ende der Reizung auf 83.6.		
5. Nach der Reizung	6	
6. Erste Reizung des Marks	5.7	115.9
7. Unmittelbar nach der Reizung	3.6	
8. Zweite Reizung des Marks	6.5	133
9. Abfall von 133 zu 79.8	4	
10. Dritte Reizung des Marks.	6.5	115.9
11. Abfall von 115.9 zu 70.3	4.2	
12. Nach beendetem Abfall	5.5	76
13. Vierte Reizung	7.5	125.4
14. Während des Abfalls	3.3	

Versuch D.

Dasselbe Kaninchen; Elektroden theils vorn, theils hinten ans Mark angelegt.

1. Vor der Reizung	5.5	108.3
2. Reizung des Marks (Elektroden auf den Hintersträngen)	6.6	133
3. Abfall auf 93.1 Druck mit 3 Pulsschlägen.	0.9	
4. Nach vollendetem Abfall	2.2	100.7
5. Zweite Reizung des Marks (Elektroden vorn) Abfall direct, ohne Pulswelle.	6	131.1
6. Nach demselben	2.2	100.7

Versuch E.

Grosses Kaninchen curar.; das Rückenmark im vorletzten und letzten Lendenwirbel blosgelegt (nicht durchschnitten).

1. Vor der Reizung	2.5	93.1
2. Reizung des n. ischiad. sin.	6.2	119.7
3. Abfall während der Reizung	3.3	96.9
Die Reizung dauert 36 Sekunden.		
4. Nach derselben	2.5	
5. Vor der nächsten Reizung	2.6	89.3
6. Reizung des Marks (sie dauert 18 Sekunden)	7.5	119.7
7. Während der 12. bis 18. Sekunde nach der Reizung des Marks	5.5	106.4
8. Durchschneidung des Marks	6.3	121.6

Versuch F.

Dasselbe Kaninchen nach der Durchschneidung des Marks im letzten Lendenwirbel.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	3	93.4
2. Reizung des Marks.		
Erstes Stadium (7 Sekunden dauernd)	3	114
Zweites Stadium ($6^1/_2$ Sekunden dauernd)	6.3	121.6
Drittes Stadium (17 Sekunden dauernd)	3.8	104.5
3. Vor der nächsten Reizung	3.2	95
4. Zweite Reizung des Marks		119.7
Ansteigen ohne Pulsbeschleunigung; nachher Abfall während der Reizung mit sehr langsamen Pulsen. Später gegen Ende der Reizung	8	

Versuch G.

Kaninchen curarisirt. Das Mark der drei letzten Brustwirbel blosgelegt, in eine vordere und hintere Hälfte getheilt und die letztere in der Höhe des untersten Brustwirbels durchschnitten.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	2.6	76
2. Reizung der hintern Hälfte an der Vorderseite des abgetrennten Lappens.		
Erstes Maximum	4.5	110.2
Erstes Minimum	3.1	79.8
Zweites Maximum	3.7	108.3
Zweites Minimum.	3.2	81.7
Mittl. Druck d. ges. Reizung (während 22 Sekunden).		95
3. Die nächsten 5 Sekunden nach beendigter Reizung der hinteren Hälfte	2.5	81.7
4. Reizung der vordern Hälfte an ihrer hintern Seite.		
Erstes Maximum	5	125.4
Erstes Minimum	3	100.7
Zweites Maximum	5	127.3
Zweites Minimum.	—	104.5
Drittes Maximum	—	123.4
Drittes Minimum	4	110.2
Viertes Maximum.	5	121.6
Mittl. Druck d. ges. Reizung (während 19 Sekunden)		110.2

Versuch H.

Dasselbe Kaninchen wie in G.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	2.8	57.0
2. Reizung des gesammten Rückenmarks . . Abfall in 3 Sekunden mit 2 Pulsschlägen.	4.6	136.8
3. Nach der Reizung	1.5	83.6
4. Zweite Reizung d. ges. Marks. . . . . . Abfall in $2^1/_2$ Sekunden mit 2 Pulsschlägen.	4.3	133.0
5. Nach der Reizung	1.5	83.6
6. Reizung des vorderen Lappens; derselbe unterhalb durchschnitten	4	114.0
7. Während der Reizung langsamer Abfall .	2.3	104.5
8. $6^1/_2$ Sekunden nach der Reizung.	1.5	93.1

Versuch I.

Dasselbe Thier.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Aortencompression.	2	
2. Während der Compression der Aorta (Der Druck steigt um etwa 47.5 Millimeter)	2	

Versuch K.

Kaninchen curarisirt. Das rechte u. linke Ganglion stellatum exstirpirt. Nur links ein Herzast erhalten. Rückenmark im 10. Brustwirbel durchschnitten; oberhalb der Durchschnittsstelle gereizt.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	5	53.2
2. Reizung des Marks (51 Sekunden dauernd) Der Druck steigt stetig. Zu Ende derselben Abfall gleichmässig in 55 Sekunden zur Norm.	5.5	98.8
3. 10 Sekunden nach der Reizung	4.7	
4. Später	5	

Versuch L.

Kaninchen cur., Rückenmark im 11. Brustwirbel blosgelegt, durchschnitten; oberhalb der Durchschnittsstelle gereizt.

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	2.7	106.4
2. Reizung des Marks. Anfangs	3.2	
Später	3.4	152.0

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck in Millimetern
L. Vor dem Ende der Reizung einige Vaguspulse. Die Reizung dauert 38 Sekunden. Abfall zur Norm, stetig in 70 Sekunden.		
3. 4 Sekunden nach der Reizung	3,3	148,2
4. Zuletzt	2.8	

Versuch M.

Dasselbe Thier nach Exstirpation der beiden Gangl. stell. (das linke war vollständig, das rechte zum grössten Theil entfernt).

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	2.4	102.6
2. 25 Sekunden nach Beginn der Reizung . .	2.5	146.3
Gegen Ende der Reizung intermittirender Puls. Die Reizung dauert 37 Sekunden.		
3. Nach dem Abfall	2,6	

Versuch N.

Kaninchen cur. Das unterste Ende des Marks mit der cauda equ. blossgelegt.

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung		89.3
2. Reizung der cauda		152.0
3. Vor der Reizung des Marks.		106.4
4. Reizung des untersten Endes vom Mark .		165.3

Versuch O.

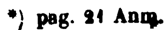
Dasselbe Thier wie bei N.

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung		87.4
2. Reizung der cauda		131.4
3. Nach dem Abfall		95.0
4. Reizung des untersten Theils vom Mark .		163.4
5. Nach dem Abfall		100.7
6. Reizung der cauda		102.6
7. Reizung des Marks, unmittelbar nach 6. .		142.5

Versuch P.

Kaninchen cur. Unteres Ende des Marks blossgelegt.

	Puls in der Sekunde	Druck steigt*) von	auf	in ? Sek.
1. Vor der Reizung. Druck = 106.4. .	4			
2. Reizung des untersten Endes vom Mark	4	102.6	146.3	3
3. Abfall während der Reizung	3.4			
4. Nach der Reizung	3.2			



*) pag. 21 Anm.



P	Puls in der Sekunde	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
5. Reizung der letzten Nervenwurzeln .	3.3	112.1	142.5	3
Nach dem ersten Ansteigen Abfall auf etwa 121.6 mittl. Höhe.	2.2			
6. Reizung des untersten Endes vom Mark				
Bei Rollen-Abstand 14	3.3	114	144.4	2.5
» » » 12	3.3	136.8	150.1	2.5
» » » 11		133.0	148.2	4
» » » 10*)	3.6	133.0	148.2	3
7. Nach der Reizung intermittirender Puls; 1 Minute später normal.				

Versuch Q.

Dasselbe Kaninchen wie bei P; Reizung des untern Endes vom Mark.	Puls vor und währ. d. Reiz. in d. Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
1. Reizung des Marks	3.5 — 2.8	104.5	100.7	
2. Reizung bei Rollen-Abstand 11 . . .	3.5 — 3	104.5	140.6	2.5
3. Reizung des Marks mit steigenden Reizen.				
Bei Rollen-Abstand 15.	3.5 — 3.2	110.2	131.1	2
4. 5 Sekunden nach Beginn der Reizung:				
Abfall auf 115.9	3.6			
Bei Rollen-Abstand 14	3.3	115 9	138.7	2
» » » 10.			148.2	
Gegen Ende der Reizung rhythmisches Absinken mit Vaguspulsen. (Auf der Höhe meist drei Pulse in der Sek., beim Absinken langsamer.)				

Versuch U.

Kaninchen cur., der rechte 10. Intercostalnerv blosgelegt, durchschnitten und central gereizt; Wirbelsäule an der Eintrittsstelle des Nerven eröffnet.				
1. Vor der Reizung	5			
2. Mechanische Reizung des Centralstückes vom Nerven		108.3	134.9	2.5
Abfall mit 4 Pulsen in der Sekunde; eine zweite kleine Erhebung unmittelbar darauf mit 4.2 Pulsen. Abfall von da mit 4.5 Pulsen.				

*) Bei Rollen-Abstand 10 sind die Rollen vollkommen über einander geschoben.

U	Puls vor und währ. d. Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
3. Elektrische Reizung des Nerven bei Rollen-Abstand 18	4.5 — 4.5	104.5	133.0	3
4. Zweite Reizung mit Rollen-Abstand 18	5.0 — 5.0	102.6	119.7	3
5. Mechanische Reizung des Nerven . .	5 — 5	112.1	133.0	3
6. Während des Abfalls	4.5			
7. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 17.	5 — 5	102.6	123.5	
8. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 10.	5—4.5	102.6	127.3	

Versuch V.

Dasselbe Thier; die Elektroden auf die Hinterstränge gesetzt. Mark intact.

	Puls	von	auf	in ? Sek.
1. Steigender Reiz; Rollen-Abstand 30.	4 - 3.6	70.3	123.5	
Rollen-Abstand 24	4—3.3	95.0	140.6	
2. Nach dem Abfall	4			
Rollen-Abstand 20, 18, 10 (nacheinander)		102.6		171
. Langsamere Pulse (1.8 in der Sek.) und raschere (4.2 in der Sek.) wechseln mit einander ab.				
Nach der Reizung: Puls anfangs rasch, später sehr langsam, dann intermittirend und endlich wieder normal.				
3. Zweite elektrische Reizung. Rollen-Abstand zwischen 20 und 30.	3.4—3	95	114	
4. Dieselbe Reizung	3—2.7	102.6	123.5	

Versuch W.

Dasselbe Thier wie bei U und V; Mark unterhalb der Eintrittsstelle des Nerven durchschnitten; oberhalb des Schnittes gereizt.

	Puls	von	auf	in ? Sek.
1. Auf eine erste mechanische und elektrische Reizung kommt eine Suite klonischer Krämpfe des reflectorischen Organs. (Etwa alle 2—3 Sek.). z. B.		83.6	112.1	1
(Abfall in der nächsten Sekunde auf 81.7.)				

W	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	Druck steigt auf	in ? Sek.
2. Steigender Reiz von Rollen-Abstand 30 – 40 in 54 Sekunden Dauer (mit stetigem Ansteigen des Drucks). . .	4.5 — 4.5	79.8	136.8	
3. Steigender Reiz von Rollen-Abstand 20 an. (Stetiges Steigen des Drucks) Vor Roll.-Abst. 40 ein kurzer Abfall, bei RA. 40 Druck wieder = 129.2.	4.5 — 4.5	70.3	136.8	
4. Nach dem Abfall	3.7			
5. Mechanischer Reiz	4.6 — 4.5	77.9	89.3	
6. Mechanischer Reiz	4.5 — 4.5	77.9	98.8	

Versuch X.

Kaninchen cur. Rückenmark im 9. bis 11. Brustwirbel blossgelegt. Beide Hinterstränge bis zur grauen Masse auf etwa 2 Wirbellängen abgetragen; Mark unterhalb durchgequetscht. (Vordere Wurzeln nicht durchschnitten.)

	Puls	von	auf	Sek.
1. Durchquetschung des Marks mittelst der Nadel an der untern Grenze der präparirten Stelle.		87.4	140.6	7.5
2. Streichen mit der stumpfen Nadel innerhalb des seiner Hinterstränge beraubten Theils	3.6 — 3.6	83.6	100.7	
3. Elektr. Reizung. (Feine Elektroden von geringem Abstand)		83.6	159.6	8
4. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 32.		87.4	129.2	8
» » 40.	4 — 4	87.4	93.1	$5^1/_2$
» » 39.		85.5	87.4	
» » 38.		85.5	89.3	6
» » 36.	3.7 — 3.7	81.7	93.1	3
5. Froschprobe. Der Nerv (sehr reizbar) an die obere Grenze des ausgeschnittenen Stücks gelegt. Ohne Zuckung. Rollen-Abstand 28	4—4.3	83.6	115.9	5
6. Streichen mit der Nadel	3.6 — 3.7	76.0	87.4	
7. Elektr. Reizung. (Etwas näher der obern Grenze)		77.9	125.4	6.5
8. Elektr. Reizung mit Froschprobe (ohne Zuckung)	4—4	72.2	115.9	10

Versuch Y.

	Puls vor und währ. d. Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
Kaninchen cur. Rückenmark im 8—11. (incl.) Brustwirbel blosgelegt; Hinterstränge beiderseits entfernt. Vordere Wurzeln mit einer gekrümmten Nadel durchgerissen. Mark am untern Ende der präparirten Stelle durchschnitten.				
1. Ein Schnittchen in den centralen Stumpf des Marks	2.8—2.8	100.7	114	50
2. Ein zweites Schnittchen (während des Ansteigens vom vorigen)		114	117.8	17.5
3. Elektr. Reizung. (16 Mm. vom obern Durchschnitt d. Hinterstr.) Abstand der Elektroden 2.5 Mm. Rollen-Abstand 26	3 - 3	85.5	119.7	4.0
4. Elektr. Reiz. Roll.-Abst. 22 . . . . . (ziemlich rasch nach einander.)	3.2—3.0	98.8	144.4	12
5. Elektr. Reiz. Roll.-Abst. 20 . . . . . (ziemlich rasch nach einander.)	3—3.3	108.3	133.0	24
6. Reizung des peripheren (untern) Theils vom Rückenmark. Rollen-Abstand 20	3.5—2.6	104.5	129.2	12
7. Zweite Reizung nach unten (Elektroden tiefer eingesteckt) Rollen-Abstand 20.	3 - 2.7	100.7	125.4	9
8. Centraler Rückenmarksstumpf emporgehoben und auf eine Unterlage gebracht.	3.2—4	95.0	119.7	
9. Mechan. Reizung durch Schnitt ohne Effect.				
10. Mechan. Reizung durch Quetschung.	3.5 — 3.5	79.8	95	15.5

Versuch Z.

Kaninchen cur. Rückenmark in den unteren Brustwirbeln blosgelegt. Präparation desselben wie bei Y.

	Puls	von	auf	Sek.
1. Reizung der losgelösten und auf Glas ruhenden Hinterstr., 16 Mm. entfernt von der Stelle ihres Zusammenhangs mit dem Mark. Rollen-Abstand 19 .	4.3—4.3	83.6	102.6	7

Z		Puls vor und währ. d. Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
2.	Zweite Reizung der Hinterstr. . . .		79.8	89.3	3
3.	Reizung des vorderen (d. Hinterstr. beraubten) Theiles vom centralen RMstumpf (auf Glas)	4.5—4.5	72.2	117.8	20
	Puls zu Ende der Reizung langsamer.				
4.	Reizung des vorderen Theiles vom Stumpf.				
	Rollen-Abstand 19		64.6	83.6	8.5
	Rollen-Abstand 20		64.6	81.7	10
5.	Reizung. Rollen-Abstand 16		60.8	83.6	21
6.	Reizung des periph. RMstumpfs. Rollen-Abstand 16	3.5—2.7	64.6	114	26
	Nach der Reizung noch längere Zeit Vaguspuls.	—2.3 zu Ende der Reizung			
	Das seiner Hinterstr. beraubte Mark wird in der Medianlinie gespalten und ein Froschnerv oben an die Grenze des präparirten Theils gelegt.				
7.	Erste Reizung der linken Hälfte des RMstumpfes. Rollen-Abstand 12 . . (Froschprobe, kein Tet.)	3.7—3.7	68.4	96.9	20.5
8.	Zweite Reiz. Rollen-Abstand 16. . .	3.6—3.6	64.6	72.2	7
9.	Dritte Reiz. Rollen-Abstand 17. . .	3.7—3.5	66.5	72.2	3.5
10.	Vierte Reiz. dto. } ohne Zuckg.		68.4	74.1	22.5
11.	Fünfte Reiz. dto. } des Frosch-	4—4.2	57.0	79.8	30.5
12.	Sechste Reiz. R.-Abst. 16 } schenkels.	4.2—3.9	60.8	95	21

Versuch a.

Kaninchen cur. RM. im 11. und 12. Dorsalwirbel gereizt. Medulla obl. vom Grosshirn getrennt (blos vom rechten Grosshirnstiele ist eine kleine Brücke stehen geblieben).

1. Zusammenschnüren des Nervus ischiad. } ohne Effect.
2. Stärkste elektr. Reizung desselben. } ohne Effect.

Nach Eröffnung der Wirbelsäule und des (stark mit Blut gefüllten) Sackes der Dura:

a	Puls vor und währ. d. Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
3. Reizung des Nervus ischiad. Rollen-Abstand 19—15	4.3—4.5	102.6	121.1	16
Gleich darauf				
4. Reizung des Marks. (Elektroden auf d. Hinterstr.) Rollen-Abstand 20 . .	4.2—4.5	102.6	142.5	9
Bei beginnendem Abfall ist der Puls 3 Sek. lang = 2.3, dann wieder rascher.				
5. Reizung des Marks. Rollen-Abstand 15		96.9	161.5	18
Puls anfangs unverändert = 4.3, dann 5 Sek. lang 2 (ohne Abfall), später 4.5.				

Versuch b.

Kaninchen cur. Medulla obl. und Grosshirn getrennt. (Beide Ped. cerebri vollständig durchschnitten.)

	Puls	von	auf	Sek.
1. Reizung des Nervus ischiad. Rollen-Abstand 22	3.5—3.7	95.0	123.5	7
2. Dasselbe	3.5—4.0	74.1	133.0	9
Mark vom 9—12. Brustwirbel geöffnet (kein Blut im Durasack), Hinterstr. 20 Mm. lang abgetragen.				
3. Durchschneidung des Marks unterhalb der präparirten Partie	4.4—4.2	74.1	114.0	8
4. Reizung des untersten Endes vom präparirten Stumpf. Roll.-Abst. 18 .	4.2—4.4	76.0	114.0	14.5
5. Reizung des präparirten Stumpfs.	4.2—4.4	74.1	95.0	17
6. Reizung des unteren RMstumpfs.		76.0	100.7	8
Beim Abfall Vaguspuls	2			

Versuch c.

Mark blosgelegt im 6—9. Brustwirbel; nach unten durchschnitten. Hinterstr. 15 Mm. lang abpräparirt.

	Puls	von	auf	Sek.
1. Reizung des centr. Stumpfs. Rollen-Abstand 24		57.0	64.6	
2. Dasselbe. Rollen-Abstand 20 . . .		60.8	83.6	
(Der Strom ist nicht auf der Zunge zu spüren.)				
3. Reizung des centr. Stumpfs. Rollen-Abstand 20		63.6	91.2	20

c	Puls vor und währ. d. Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
4. Kali in Substanz auf den Stumpf. 5. Reizung an der eben mit Kali behandelten Stelle. } ohne Effect.				
6. Reizung weiter oben an gesunder Stelle		47.5	95.0	20.5
7. Reizung des peripherischen Stumpfs.		45.6	95.0	
Versuch d.				
Kaninchen cur. RM. im 7—11. Brustwirbel blosgelegt.				
1. Eröffnung der Dura . . . . Puls später = 1.6 in der Sekunde.		91.7	152.0	
2. Abtragen der Hinterstränge (24 Mm. lang) und Durchschneiden des Marks	3.7		152	
Versuch e.				
Dasselbe Thier.				
1. Reizung mit einzelnen Schliessungs- und Oeffnungsschlägen. Grosser Inductions-Apparat mit über einander geschobenen Rollen	3.0—3.2	108.3	112.1	
2. Eine Anzahl solcher Schläge hintereinander	3.5	106.4	110.2	
3. Reizung mit schwachen Wechselströmen. (Auf der Zunge kaum fühlbar)	3.2—3.2	89.3	98.8	13.5
4. Ein Schwämmchen mit etwa 5%iger Kalilösung bewirkt nach einiger Zeit eine Suite von Erhebungen u. A. . .	3.2—3.2	47.5	55.1	1
		47.5	66.5	16
		60.8	70.3	
5. Schwache Reizung mit dem kleinen Ind. Apparat näher dem unverletzten Theil des Marks		57.0	123.5	27
6. Reizung des periph. Stumpfes . . .	4.0—4.3	64.6	98.8	18
Versuch f.				
Mark in den untern Brust- und obern Lendenwirbeln blosgelegt, und in der gewöhnlichen Weise präp. Länge der abgetr. Hinterstr. 24 Mm.				
1. Elektr. R. d. centr. Stumpfs. R.-Ab. 10	4.3—4.3	47.5	74.1	10

f	Puls vor und währ. d. Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
2. Einzelne Inductionsschläge (etwa alle 3 Sek. 1 Schlag) ohne Effect.				
3. Unterstes Ende des Stumpfes abgeschnitten. Länge der präpar. Stelle noch 22 Mm.	4.6—4.6	43.7	49.4	27
4. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 18.	4.3—4.3	43.7	47.5	
dto. » 16.	4.3—4.3	47.5	57	9
5. Streichen mit der stumpfen Nadel .	4.3—4.8	38.0	41.8	11

Versuch g.

Wirbelsäule in den unteren Brust- und oberen Lendenwirbeln geöffnet. Hinterstränge 30 Mm lang abgetragen. Centraler Stumpf auf Glas. Starke Blutung. Vordere Wurzeln nicht ganz vollständig entfernt.

1. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 16	3.3—3.3	26.6	47.5	31
dto. dto. 16	3 0—3.3	30.4	41.8	15
Nach einem Abfall	3.3			
2. eine zweite Erhebung	3.3—3.0	34.2	43.7	10
3. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 13	3.0—3.0	32 3	36.1	7
4. dto. dto. 10	3.0—3 0	32.3	43.7	11 5
5. Reizung des Marks oben an seiner intacten Partie		38.0	47.5	12
Abfall während der Reizung	0.3		49.0	
6. Zweite Erhebung während der Reizg.	0.3—3.3	19	39 9	25.5

Versuch h.

Mark in den unteren Brust- und oberen Lendenwirbeln blosgelegt; centraler Stumpf ganz auf Glas. Länge der abgetragenen Hinterstränge = 26 Mm.

1. Elektr. Reizung des Stumpfs	76.0	84.7	5.5
2. dto.	84.7	94.2	7
3. dto.	66.5	79.8	7.5
4. dto. (Froschprobe; ohne Zuckung)	57.9	76.0	7

Längsspaltung des centr. Stumpfs in zwei Hälften.

h	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
5. Reizung der rechten Hälfte		53.2	72.2	14
6. » » linken »		55.4	66.5	9
Jede Hälfte in Vorder- und Seitenstränge gespalten. Jeder Strang 20 Mm. lang.				
7. Reizung des rechten Seitenstrangs. Grosser Induct.-Apparat. Roll.-Abst. 35 (cf. No. 5.)		49.4	64.6	17
8. Reizung des rechten Vorderstrangs	ohne Effect			
9. » » linken »	ohne Effect			
10. Reizung des linken Seitenstrangs. . . (cf. No. 6)		53.2	55.1	2.5
11. Am ungetrennten Theil. Roll.-Abst. 28		51.3	119.7	56

Versuch i.

Mark in den unteren Brust- und oberen Lendenwirbeln blosgelegt, in der gewöhnlichen Weise präparirt und auf Glas isolirt. Hinterstränge 21 Mm. lang abgetragen.

	Puls	von	auf	Sek.
1. Starker Blutverlust. Während der Entfernung der Hinterstränge . . .	3.5—3.5	26.6	30.4	9
2. Elektr. Reizung des centralen Stumpfs Rollen-Abstand 16	3.5 - 3.6	22.8	30.4	18
3. Zerrung des Stumpfs	3.2—3.2	22.8	26.6	7

Versuch k.

Rückenmark durchschnitten. Centraler Stumpf herausgenommen, durch Guttapercha isolirt.

	von	auf	Sek.
1. Mechanische Reizung des Stumpfs .	57.0	100.7	39
2. Ablösung der Hinterstränge in einer Länge von 20 Mm.	68.4	119.7	46
Puls: anfangs = 3 in der Sek., während des Ansteigens 1.5, auf der Höhe und beim Abfall wieder rascher. Dann folgt eine zweite Erhebung von. . .	96.9	127.3	28
Puls während des Ansteigens 1.3, auf der Höhe 3 2, nach dem Abfall 3.5.			

k		Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
3.	Reizung der abgelösten Hinterstränge ganz am unteren Ende	3.5—3.5	96.9	102.6	13.5
4.	Reizung am periph. Ende der Hinterstränge. Rollen-Abstand 16.				
	Erste Erhebung	3.5—3.2	85.5	93.1	9
	Zweite »		87.4	102 6	8.5
5.	Reizung des der Hinterstränge beraubten Theils des Stumpfes.				
	Rollen-Abstand 18	3.3—3.3	72 2	76 0	9
6.	Elektrische Reizung mit Froschprobe (ohne Zuckung)	4.0—4.0	43.7	53.2	12
	Trennung des centralen Stumpfs in Seitenstr., Vorderstr. und graue Substanz.				
7.	Reizung des linken Seitenstrangs (die graue Substanz sorgfältig abgelöst) Rollen-Abstand 16	3.7—3.7	36.1	39.9	21
8.	Reizung der grauen Substanz ohne Effect (Rollen-Abstand 16 und 15.)				
9.	Reizung des rechten Seitenstrangs. Rollen-Abstand 15	4.0—4.0	36.1	39.9	8.5
10.	Reizung der Vorderstränge (Rollen-Abstand 15) ohne Effect.				



SITZUNG AM 21. APRIL 1870.

Carl Neumann, *Zur Theorie des Logarithmischen und des Newtonschen Potentiales. Erste Mittheilung.*

Unter diesem Titel beabsichtige ich eine Reihe von Mittheilungen zu machen über die vielfach behandelten Probleme der conformen Abbildung, des stationären Temperaturzustandes, des elektrostatischen und elektrokinetischen Gleichgewichts, und *gewisse allgemeine, von der Wahl eines geeigneten Coordinatensystems unabhängige Methoden* darzulegen, durch welche diese Probleme fast in allen Fällen gelöst werden können, wie die Begrenzung des zu behandelnden Gebietes auch beschaffen sein mag.

Ich werde diese Methoden, welche nicht nur zur Vermeidung des (mit Recht für bedenklich erklärten) *Dirichlet*'schen Princips, sondern auch in vielfachen andern Beziehungen von Wichtigkeit sein dürften, hier nur in flüchtigen Umrissen hinzeichnen; die dabei erforderlichen Begründungen, Entwicklungen und Beweise aber einer andern ausführlicheren Exposition vorbehalten.

Die unendliche Ebene mag — nach dem Vorgange *Riemann's* — angesehen werden als eine *geschlossene* Fläche, etwa als eine unendlich grosse Kugelfläche. Auf dieser Fläche sei eine in sich zurücklaufende Curve S gegeben, welche mit all' ihren Puncten in der Endlichkeit liegt. Von den beiden Theilen, in welche die geschlossene Fläche durch diese Curve zerlegt wird, mag der den unendlich fernen Punct der Fläche enthaltende Theil mit $\mathfrak{Q}$, der andere mit $\mathfrak{P}$ bezeichnet werden.

Das Problem der conformen Abbildung kann bekanntlich

mit Bezug auf die Fläche $\mathfrak{P}$ angesehen werden als ein Specialfall von folgendem *allgemeinern Problem:*

Es soll eine Function φ der rechtwinkligen Coordinaten x, y ermittelt werden, welche I) innerhalb $\mathfrak{P}$ überall der Gleichung $\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = 0$ genügt, welche II) sammt ihren Ableitungen $\frac{\partial\varphi}{\partial x}$, $\frac{\partial\varphi}{\partial y}$ innerhalb $\mathfrak{P}$ überall eindeutig und stetig ist, und welche endlich III) am Rande von $\mathfrak{P}$, d. i. auf der Curve S vorgeschriebene Werthe f besitzt.

Um andrerseits das Problem der conformen Abbildung mit Bezug auf die Fläche $\mathfrak{Q}$ aussprechen zu können, bedarf es einiger Vorbereitungen. Es seien x, y die rechtwinkligen Coordinaten eines beliebigen zu $\mathfrak{Q}$ gehörigen Punctes, und es werde gesetzt:

$$(x+iy)(\xi+i\eta) = 1, \quad (i = \sqrt{-1}),$$

mithin

$$x = \frac{+\xi}{\xi^2+\eta^2}, \quad \xi = \frac{+x}{x^2+y^2},$$
$$y = \frac{-\eta}{\xi^2+\eta^2}, \quad \eta = \frac{-y}{x^2+y^2}.$$

Alsdann werden durch Angabe von ξ, η die Werthe von x, y eindeutig bestimmt sein. Man kann daher als Coordinaten eines zu $\mathfrak{Q}$ gehörigen Punctes die Grössen x, y, mit demselben Recht aber auch die Grössen ξ, η benutzen. Bei Einführung dieser *neuen* Coordinaten ξ, η lässt sich nun das Problem der conformen Abbildung mit Bezug auf die Fläche $\mathfrak{Q}$, oder vielmehr das zugehörige *allgemeinere Problem* folgendermassen aussprechen:

Es soll eine Function ψ der Coordinaten x, y oder ξ, η ermittelt werden, welche I) innerhalb $\mathfrak{Q}$ überall der Gleichung $\frac{\partial^2\psi}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial\eta^2} = 0$ Genüge leistet, welche II) sammt ihren Ableitungen $\frac{\partial\psi}{\partial\xi}$, $\frac{\partial\psi}{\partial\eta}$ innerhalb $\mathfrak{Q}$ überall eindeutig und stetig ist, und welche endlich III) am Rande von $\mathfrak{Q}$, d. i. auf der Curve S die vorgeschriebenen Werthe f besitzt. Der grösseren Bequemlichkeit willen mag angenommen werden, dass diese vorgeschriebenen Randwerthe f für ψ dieselben sind, wie für φ.

Was nun die Lösung dieser beiden Probleme anbelangt, so mag — wenigstens vorläufig — vorausgesetzt werden, dass die gegebene Curve S überall convex und überall stetig gekrümmt

sei, andrerseits, dass die vorgeschriebenen Werthe f längs der Curve S überall stetig zusammenhängen.

Als positive Richtung der Curve S werde diejenige festgesetzt, welche angezeigt ist durch eine positive Umlaufung der Fläche $\mathfrak{P}$. Gleichzeitig mögen die in positiver Richtung aufeinanderfolgenden Puncte der Curve bezeichnet werden mit

$$a,\ b,\ c,\ d, \ldots\ldots\quad s, \ldots\ldots;$$

demgemäss werden ab, bc, cd, ... die aufeinanderfolgenden unendlich kleinen Elemente der Curve vorstellen. Endlich mögen unter

$$f_a,\ f_b,\ f_c,\ f_d, \ldots\ldots f_s, \ldots\ldots$$

die Werthe verstanden werden, welche die gegebene Function f besitzt in jenen Puncten a, b, c, d, ... s, ...

Es sei z ein beliebig gegebener (innerhalb $\mathfrak{P}$, oder innerhalb $\mathfrak{Q}$, oder auch auf der Curve S gelegener) Punct; ferner seien za, zb, zc, zd, ... die von z aus nach den einzelnen Puncten der Curve gezogenen Radiivectores. Unter dem *Moment des Curvenelements ab in Bezug auf z* mag diejenige Drehung verstanden werden, welche für den Radiusvector za durch jenes Element ab indicirt ist. Ist also ϑ der absolute Betrag des Winkels azb, so wird jenes Moment den Werth $+\vartheta$ oder den Werth $-\vartheta$ besitzen, jenachdem der Radiusvector za bei Durchlaufung des Winkelraumes azb eine positive oder eine negative Drehung auszuführen hat. Bezeichnet man diese den einzelnen Elementen

$$ab,\quad bc,\quad cd, \ldots\ldots$$

mit Bezug auf z zugehörigen Momente mit

$$(ab)_z,\ (bc)_z,\ (cd)_z, \ldots\ldots,$$

und bezeichnet man ferner die Summe aller dieser Elementarmomente mit Σ_z

$$\Sigma_z = (ab)_z + (bc)_z + (cd)_z + \ldots\ldots,$$

so wird, wie leicht zu erkennen, der Werth von Σ_z sehr verschieden sein je nach der Lage des Punctes z, nämlich $= 2\pi$, $= \pi$, oder $= 0$ sein, jenachdem der Punct z innerhalb $\mathfrak{P}$, auf S, oder innerhalb $\mathfrak{Q}$ sich befindet.

Unter dem *Moment der gegebenen Function f in Bezug auf z*

mag verstanden werden die Summe sämmtlicher Elementarmomente der gegebenen Curve S, jedes multiplicirt mit dem zugehörigen Werthe f.

Dieses Moment, es mag Ω_z heissen, wird also den Werth haben:

$$\Omega_z = f_a(ab)_z + f_b(bc)_z + f_c(cd)_z + \ldots\ldots,$$

die Summation ausgedehnt über sämmtliche Elemente der Curve. Der Punct z kann drei wesentlich verschiedene Lagen besitzen, und mag demgemäss verschieden bezeichnet werden, nämlich mit p, mit s, oder mit q, je nachdem er innerhalb $\mathfrak{P}$, auf S, oder innerhalb $\mathfrak{Q}$ sich befindet. Entsprechend diesen verschiedenen Lagen des Punctes z sind bei dem Momente Ω_z dreierlei Werthe zu unterscheiden, die Werthe Ω_p, Ω_s, und Ω_q. Diese Werthe gehen keineswegs stetig in einander über, und mögen daher zur leichtern Unterscheidung durch verschiedene Buchstaben markirt werden; es werde nämlich gesetzt:

$$\Omega_p = U_p, \quad \Omega_s = V_s, \quad \Omega_q = W_q.$$

Halten wir fest an der schon genannten Voraussetzung, dass f längs S stetig ist, so sind die Functionen U_p, V_s, W_q ebenfalls stetig, und zwar die erste für sämmtliche Puncte p, die zweite für sämmtliche Puncte s, endlich die dritte für sämmtliche Puncte q. Zugleich treten in Betreff dieser Functionen folgende merkwürdige Relationen*) zu Tage:

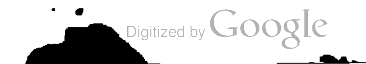
$$U_s = V_s + \pi f_s,$$
$$W_s = V_s - \pi f_s.$$

Dabei ist unter s ein beliebiger Punct der Curve S zu verstehen; f_s und V_s sind die *Werthe* der Functionen f und V in diesem Punct; andererseits repräsentiren U_s und W_s die *Grenzwerthe*, gegen welche U_p und W_q convergiren, falls die Puncte p und q näher und näher an s heranrücken.

Zweckmässig erscheint es, die Bezeichnung der Momente U_p, V_s, W_q noch ein wenig zu modificiren, nämlich zu setzen

$$\frac{1}{2\pi} U_p = u_p, \quad \frac{1}{\pi} V_s = v_s, \quad \frac{1}{2\pi} W_q = w_q,$$

*) Der strenge Beweis dieser Relationen wird ungemein erleichtert durch Benutzung eines eleganten von *P. du Bois Reymond* gefundenen Satzes (*Borch*. Journal. Bd. 69. p. 82.), für welchen später eine einfachere Deduction gegeben worden ist von *H. Hankel* (*Schlömilch's* Zeitschrift. Jahrgg. 14. p. 436).



jenen Momenten also einen gewissen Divisor beizugesellen, welcher für U und W den Werth 2π, für V hingegen den Werth π besitzt. In unmittelbarem Anschluss an eine allgemein übliche Ausdrucksweise, mag es gestattet sein, die Grösse u_p zu bezeichnen als das *arithmetische Mittel der gegebenen Functionswerthe f in Bezug auf den Punct p.* Und ebenso mögen v_s und w_q bezeichnet werden als die *arithmetischen Mittel jener Werthe f in Bezug auf s und q.*

Bei Einführung dieser *arithmetischen Mittel* an Stelle der *Momente* gewinnen die vorhin angegebenen Relationen folgende Gestalt:

$$2u_s = v_s + f_s,$$
$$2w_s = v_s - f_s.$$

Ebenso wie aus den gegebenen Werthen f die Functionen

$$u_p, \quad v_s, \quad w_q$$

abgeleitet wurden; in genau derselben Weise mögen aus den Werthen v die Functionen

$$u'_p, \quad v'_s, \quad w'_q$$

entspringen [so dass also unter u'_p, v'_s, w'_q die arithmetischen Mittel der Werthe v in Bezug auf die Puncte p, s, q zu verstehen sind]; in genau derselben Weise mögen ferner aus den Werthen v' die Functionen

$$u''_p, \quad v''_s, \quad w''_q$$

entspringen; u. s. w. u. s. w.

Nun lässt sich nachweisen, dass die Functionen

$$f_s, \; v_s, \; v'_s, \; v''_s, \; \ldots . \; v_s^{(n)}, \ldots .$$

in stetiger Weise gegen eine Constante convergiren, nämlich nachweisen, dass sämmtliche Werthe der Function $v_s^{(n)}$ von einander um weniger als eine a priori gegebene beliebig kleine Grösse differiren werden, falls man nur n gehörig gross macht. Um auf diesen Gegenstand genauer eingehen zu können, mögen a und s irgend zwei Puncte der gegebenen Curve S sein, von denen der erstere nach Belieben gewählt, aber *fest*, der zweite hingegen längs der Curve *beweglich* ist. Alsdann lässt sich nachweisen, dass bei einer solchen Bewegung des Punctes s die Differenz

$$v_s^{(n)} - v_a^{(n)}$$

ihrem absoluten Betrage nach niemals grösser werden kann als das Product

$$(M-m)\ \varkappa^{n+1}.$$

Hier ist $M-m$ eine den gegebenen Functionswerthen f eigenthümliche Constante; denn es bedeutet M den *grössten*, und m den *kleinsten* unter jenen Werthen. Andererseits ist $\varkappa$ eine der gegebenen Curve S eigenthümlich zugehörige Constante, welche leicht genauer definirt werden kann, und deren Werth nothwendig *kleiner* als 1, nämlich jederzeit ein *positiver ächter Bruch ist.* Somit kann das Product $(M-m)\ \varkappa^{n+1}$ durch Vergrösserung von n beliebig nahe an 0 herangedrückt werden, wodurch alsdann gleichzeitig sämmtliche Werthe von $v_s^{(n)}$ beliebig nahe an $v_a^{(n)}$ herangedrückt werden.

Nunmehr endlich kann die Lösung der vorgelegten Probleme augenblicklich hingestellt werden. Die Werthe nämlich, welche die gesuchten Functionen φ und ψ in irgend zwei Puncten p und q besitzen, sind folgende:

$$\varphi_p = v_a^{(2n+1)} + 2\ [u_p - u'_p + u''_p - u'''_p \ldots\ldots - u_p^{(2n+1)}]$$
$$\psi_q = v_a^{(2n+1)} - 2\ [w_q + w'_q + w''_q + w'''_q \ldots\ldots + w_q^{(2n+1)}]$$

wo $v_a^{(2n+1)}$ den Werth der Function $v_s^{(2n+1)}$ in dem (vorhin genannten) *festen* Puncte a repräsentirt, mithin eine *Constante* ist. Es lässt sich nämlich zeigen, dass die durch diese Formeln bestimmten Functionen φ_p und ψ_q einerseits den Bedingungen I) und II) mit absoluter Strenge entsprechen, und dass sie andrerseits, was die Bedingung III) betrifft, Randwerthe besitzen, deren Abweichungen von den vorgeschriebenen Randwerthen f nirgends grösser sein können als

$$(M-m)\ \varkappa^{2n+2}.$$

Während also die Bedingungen I) und II) beständig in absoluter Strenge befriedigt sind, kann gleichzeitig, durch Vergrösserung der Zahl n, die Bedingung III) in jedem gewünschten Grade der Annäherung erfüllt werden.

Zu bemerken ist, dass die Functionen φ_p und ψ_q mit Leichtigkeit sich darstellen lassen als die Logarithmischen Potentiale einer gewissen *Massenbelegung* der Curve S. Man findet nämlich:

$$\varphi_p = v_a^{(2n+1)} + \int ds\, \varrho_s^{(2n)}\, L_{sp} \;,$$

$$\psi_q = v_a^{(2n+1)} + \int ds\, \varrho_s^{(2n)}\, L_{sq} \;,$$

die Integrationen hinerstreckt über alle Elemente ds der Curve S. Dabei sind unter L_{sp} und L_{sq} die natürlichen Logarithmen derjenigen Abstände zu verstehen welche ds besitzt von p, und von q aus. Die Function $\varrho_s^{(2n)}$ repräsentirt die Dichtigkeit der genannten Massenbelegung, und besitzt einen Werth, welcher darstellbar ist nach Belieben entweder durch die Formel:

$$\varrho_s^{(2n)} = \frac{2}{\pi}\, \frac{\partial\,[u_s + u_s'' + u_s'''' \ldots\ldots + u_s^{(2n)}]}{\partial N} \;,$$

oder durch die Formel:

$$\varrho_s^{(2n)} = \frac{2}{\pi}\, \frac{\partial\,[w_s + w_s'' + w_s'''' \ldots\ldots + w_s^{(2n)}]}{\partial N} \;,$$

wo N die auf ds errichtete, in die Fläche $\mathfrak{P}$ hineinlaufende Normale repräsentiren soll.

Endlich mag bemerkt werden, dass die Functionen φ_p und ψ_q sich auch darstellen lassen als die Logarithmischen Potentiale gewisser *Doppelbelegungen* der Curve S. Man findet nämlich die Formeln:

$$\varphi_p = v_a^{(2n+1)} + \int \frac{ds\,[-f_s + v_s - v_s' \ldots\ldots + v_s^{(2n)}]}{\pi}\, \frac{\partial L_{sp}}{\partial N} \;,$$

$$\psi_q = v_a^{(2n+1)} + \int \frac{ds\,[+f_s + v_s + v_s' \ldots\ldots + v_s^{(2n)}]}{\pi}\, \frac{\partial L_{sq}}{\partial N} \;,$$

wo L_{sp}, L_{sq}, N die schon genannten Bedeutungen besitzen, und die Integrationen hinerstreckt sind über sämmtliche Elemente ds der Curve S.

Die hier exponirte Methode kann füglich bezeichnet werden als die *Methode des arithmetischen Mittels.* Sondern wir, was die gemachten Voraussetzungen anbelangt, diejenigen Voraussetzungen, welche nur leichte Modificationen bedingen von denen ab, welche bei Anwendung dieser Methode unentbehrlich sind, so bleiben als wirklich nothwendige Voraussetzungen nur noch folgende übrig:

1) das betrachtete Flächengebiet darf nur *eine* Randcurve haben,

2) diese Randcurve muss *überall convex* sein.

Die durch diese Voraussetzungen ausgeschlossenen Fälle *mehrerer* Randcurven und *beliebig gestalteter* Randcurven lassen sich aber auf den hier behandelten Fall einer *einzigen, überall convexen* Randcurve reduciren. Die zu dieser Reduction erforderliche Methode, welche ihrer Beschaffenheit nach etwa zu bezeichnen sein würde als die *Methode der Combination*, beabsichtige ich in einer folgenden Mittheilung darzulegen. Sodann endlich gedenke ich die analogen Methoden zu exponiren für diejenigen Probleme, welche sich auf den *Raum*, d. i. auf ein Gebiet von *drei* Dimensionen beziehen.

A. W. Volkmann, *Zur Theorie der Muskelkräfte.*

Speculationen über die Muskelkräfte veranlassten mich an eine Vergleichung der Contractilität und Dehnbarkeit der Muskeln zu denken. Zur Schätzung derselben konnten die leicht messbaren Contractionen und Dehnungen dienen. Fraglich war nur welche Contractionen und welche Dehnungen verglichen werden sollten, da die einen wie die andern Functionen sehr zahlreicher Bedingungen sind.

Ich sagte mir ein Vergleich ist möglich, wenn die Schwerkraft des Gewichtes, welches den Muskel dehnt, gleich ist der Muskelkraft, welche die Fasern verkürzt. Von diesen Gedanken ausgehend richtete ich meine Versuche so ein, dass der tetanisirte (also contrahirte) und gleichzeitig belastete (also auch gedehnte) Muskel genau die Länge hatte, welche er unbelastet und unthätig von vorn herein gehabt hatte. In diesem Muskel, sagte ich mir, befinden sich die beiden wirksamen Kräfte, deren eine verkürzt, während die andre verlängert im Gleichgewichte, und ist die Last p, welche der Muskel ohne Veränderung seiner natürlichen Länge trägt, das Maass beider Kräfte.

Nachdem ich in einem ersten Versuche dieses Maass bestimmt, machte ich einen zweiten, in welchem ich die Hubhöhe h constatirte, welche derselbe Muskel bei gleich starkem Reize aber unbelastet machte. Ich nahm an der Muskel habe diese Contraction mit der Muskelkraft $= p$ zu Stande gebracht, denn von dem kleinen Kraftunterschiede, welcher in Folge der Ermüdung zwischen dem 1. und 2. Versuche stattfindet, glaubte ich abstrahiren zu dürfen. Nach Beendigung dieses zweiten Versuches machte ich einen dritten. Ich belastete den ruhenden Muskel mit dem Gewichte, welches er im 1. Versuche getragen,

und bestimmte die Grösse der Dehnung d, die offenbar von einer Expansionskraft $= p$ abhing.

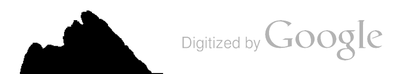
Eine grosse Anzahl von Versuchen, welche in dieser Weise ausgeführt wurden, bewies, dass das Verhältniss $\frac{d}{h}$ sehr angenähert constant sei, in Zahlen 0,36. Eine Erklärung der Thatsache vermochte ich nicht zu finden, und auch *Helmholtz*, dem ich 1857 meine Erfahrungen vorlegte, bekannte, dass ihm die Constanz jenes Verhältnisses räthselhaft sei.

Ich bin im Verlaufe der Jahre wiederholt auf den Gegenstand zurückgekommen, ohne eine bessere Einsicht zu gewinnen. Im Verkehre mit *Heidenheim* ergab sich sogar eine neue Schwierigkeit, die ich übersehen hatte. Da nämlich nach seinen wie auch nach meinen eignen Erfahrungen die Kraft des Muskels nicht blos von der Stärke des Reizes abhängt, sondern auch mit der Grösse der Belastung bis zu einer gewissen Grenze wächst, so war der Grundgedanke, von dem ich bei der Anordnung meiner Versuche ausgegangen, kein berechtigter. Ich hatte geglaubt mit der im ersten Versuche constatirten Muskelkraft p die Hubhöhe h im zweiten Versuche hervorbringen zu können, da aber der Muskel das eine Mal belastet war, das andre Mal nicht, so war die Annahme dass er im zweiten Versuche dieselbe Contractionskraft entwickle, die er im ersten besessen, nicht zulässig.

Ob ich nun gegenwärtig die Verhältnisse richtig auffasse, in Bezug auf welche meine Vorstellungen 14 Jahre lang den vielfältigsten Schwankungen unterlagen, bin ich nichts weniger als sicher, gleichwohl will ich meine Ansichten, auf die Gefahr hin zu irren vorlegen. Hierzu bestimmt mich nicht blos die Befürchtung, dass ich mit allem Zuwarten doch kaum weiter kommen werde, sondern auch die Ueberzeugung, dass Vorgänge, welche sich aus gegebenen Bedingungen berechnen lassen, auch wenn sie vorläufig unerklärt dastehn, der Aufbewahrung in den Annalen der Wissenschaft werth sind.

Ehe ich die Versuche im Einzelnen vorlege, wird nöthig sein, über die Art wie ich sie angestellt habe Einiges voraus zu schicken.

Zur Ermittelung des Verhältnisses $\frac{d}{h}$ gehört also eine Gruppe



von 3 Versuchen, die immer am Zungenmuskel des Frosches und unter Benutzung des Myogeephion angestellt wurden.

Versuch 1. Ein senkrecht aufgehangener Muskel von der Länge l wird an seinem untern Ende belastet, so jedoch dass eine unter dem Gewichte angebrachte Stütze jede Dehnung der Fasern verhindert. Nun benutze ich den Schlitten von *Dubois* zum Tetanisiren. Der Muskel zieht sich also zusammen und hebt das Gewicht in die Höhe, ermüdet aber bei fortgesetztem Tetanisiren, verlängert sich in Folge dessen und nimmt, obschon der Reiz fortdauert, schliesslich wieder die Länge l an, welche er im ungereizten Zustande von vorn herein hatte. Sobald dieser Moment eingetreten, wird der erregende Strom unterbrochen, der Versuch ist beendet.

Versuch 2. Nach Beendigung des 1. Versuches gönne ich dem Muskel eine kurze Ruhe, und entlaste ihn erst dann, wenn sein Streben zur Verkürzung, welches den 1. Versuch oft lange überdauert, durch die Gegenwirkung der Schwere vollständig vernichtet ist. Nun wird, unter Beibehaltung der einmal benutzten Stromstärke, zum zweiten Male tetanisirt, und zwar nicht länger als nöthig um eine maximale Verkürzung hervor zu bringen und hiermit den gesuchten Werth h zu erhalten.

Versuch 3. Nachdem der Muskel seine ursprüngliche Länge l wieder angenommen, wird er mit demselben Gewichte belastet, welches er im 1. Versuche zu heben hatte. Das Gewicht wird nicht gestützt und der Muskel nicht gereizt, da die Absicht dahin geht, die Grösse der Dehnung für den unthätigen Muskel zu finden. Da Muskeln, wie andre organische Substanzen, durch angehangene Lasten fast *in infinitum* gedehnt werden, so war ich genöthigt der Dehnung eine willkührliche Grenze zu setzen. Sie wurde für vollendet genommen, wenn in dem Zeitraum von 1 Minute keine Verlängerung erfolgte, welche bei 25-facher Vergrösserung dem Auge wahrnehmbar war.

Zu bemerken ist noch, dass der 3. Versuch, zu Folge der anhaltenden Belastung des Muskels, eine Dehnung zurücklässt, die auch nach Entfernung des Gewichtes erst sehr spät und meistens nur unvollständig vorübergeht. Da nun Untersuchungen über das Verhältniss $\frac{d}{h}$ nicht wohl zu vergleichbaren Resultaten führen können, wenn die Länge des Muskels eine variable Grösse ist, so muss man jene Reste von Dehnung zu beseitigen suchen.

Dies erreicht man, obschon nicht immer vollständig, dadurch, dass man den Muskel durch Inductionsschläge zu einigen Zuckungen veranlasst.

Nach Ausführung der drei zu einer Gruppe gehörigen Versuche ist der Muskel in so weit ermüdet, dass er das im 1. Versuche gehobene Gewicht nicht mehr zu heben vermag. Jeder Uebergang von einer Versuchsgruppe zu einer andern macht also eine Verminderung der Belastung nothwendig, wenn nicht etwa die Verminderung der Contractilität durch eine Verstärkung des Reizes ausgeglichen wird.

Zum Verständniss der nachstehenden Tabellen ist zu bemerken, dass sich die Numern der ersten Reihe auf die Versuchsgruppen beziehen, deren jede auf 3 zusammengehörigen Versuchen fusst. p bezeichnet das Gewicht, welches im 1. Versuche zur Ausgleichung der contractilen und expansiven Kräfte, und in Versuch 3 zur Hervorbringung der Dehnung d im ruhenden Muskel benutzt wird. l bedeutet die natürliche Länge des ruhenden Muskels. Die Zeichen h d und $\frac{d}{h}$ behalten die ihnen bisher beigelegte Bedeutung.

Versuchsreihe I.

Nr.	p	l	h	d	$\frac{d}{h}$
1	40 Grm.	35 Mm.	18,25 Mm.	6,8 Mm.	0,37
2	30 ,,	35 ,,	17,4 ,,	5,9 ,,	0,34
3	20 ,,	35,5 ,,	14,3 ,,	4,8 ,,	0,34
4	15 ,,	35,5 ,,	11,9 ,,	4,0 ,,	0,34
5	10 ,,	36 ,,	10,6 ,,	3,3 ,,	0,31

Versuchsreihe II.

Nr.	p	l	h	d	$\frac{d}{h}$
1	50 Grm.	47 Mm.	32,3 Mm.	12 Mm.	0,37
2	45 ,,	48,8 ,,	31,7 ,,	10,7 ,,	0,34
3	40 ,,	49,0 ,,	30,5 ,,	10,5 ,,	0,34




Nr.	p	l	h	d	$\frac{d}{h}$
4	25 Grm.	49,6 Mm.	28,7 Mm.	9,9 Mm.	0,35
5	30 „	49,2 „	28,6 „	9,9 „	0,35
6	20 „	49,4 „	26,6 „	9,4 „	0,34
7	10 „	49,5 „	20,2 „	7,0 „	0,35

In den 3 letzten Versuchen 5—7 ist ein etwas verstärkter Reiz in Anwendung genommen worden.

Versuchsreihe III.

Nr.	p	l	h	d	$\frac{d}{h}$
1	50 Grm.	47 Mm.	31,3 Mm.	11 Mm.	0,35
2	40 „	48,4 „	30,8 „	9,5 „	0,31
3	30 „	48,4 „	28,4 „	8,9 „	0,31
4	25 „	48,5 „	24,9 „	8,1 „	0,32
5	20 „	48,4 „	21,8 „	8,0 „	0,37
6	15 „	48,5 „	19,6 „	7,1 „	0,36
7	10 „	48,4 „	16,9 „	6,1 „	0,36
8	30 „	48,2 „	25,4 „	9,6 „	0,36
9	25 „	48,4 „	23,6 „	8,6 „	0,36
10	20 „	48,0 „	21,7 „	8,5 „	0,39
11	15 „	48,5 „	20,3 „	7,3 „	0,36
12	10 „	48,5 „	18,0 „	6,0 „	0,33

In dieser 3. Reihe ist vom 8. Versuche an der Reiz beträchtlich verstärkt worden.

Es scheint mir überflüssig die Vorlagen noch mehr zu häufen. Das Vorstehende ist ausreichend zu beweisen, dass das Verhältniss $d:h$ sehr annäherungsweise sich gleich bleibt, obschon die Belastungen, von welchen die Dehnung abhängt, und die Ermüdungsstärke und die Reize, welche die Hubhöhen bestimmen, beträchtlichen Veränderungen unterliegen. Zwar sind kleine Schwankungen in dem Verhältnisse $\frac{d}{h}$ allerdings vor-

handen. aber in den mitgetheilten Fällen wenigstens würde nichts hindern diese Schwankungen für zufällige zu nehmen, da kleine Veränderungen der h und d Werthe, welche sich innerhalb der Grenzen der vorkommenden Versuchsfehler halten, ausreichen, eine absolute Constanz des in Rede stehenden Verhältnisses her zu stellen.

Nur wenn die Versuchsbedingungen innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken, geht die Constanz verloren. In einer Versuchsreihe wo ich die Belastungsgewichte allmälig von 60 Gramm auf 4 Gramm verminderte, war ein gewisses Ansteigen der Quotienten, mit zunehmender Ermüdung, unverkennbar.

Noch verdient bemerkt zu werden, dass die in verschiedenen Fröschen gefundenen Mittelwerthe für $\frac{d}{h}$ nicht mehr untereinander differiren, als die für ein und dasselbe Thier in verschiedenen Versuchen gefundenen Einzelwerthe. Ich fand in 8 Versuchsreihen folgende Mittelwerthe für $\frac{d}{h}$

Nr. des Frosches.	Mittelwerth $\frac{d}{h}$
1	0,34
2	0,35
3	0,35
4	0,41
5	0,29
6	0,31
7	0,30
8	0,52
Mittel der Mittelwerthe	0,36

Versuch 8, welcher ein wenig aus der Reihe fällt ist der einzige welcher nicht am Zungenmuskel sondern am geraden Schenkelmuskel des Frosches angestellt wurde.

Diese Unveränderlichkeit des Werthes $\frac{d}{h}$ ist um so befremdlicher, als Dehnung und Hubhöhe von den verschiedensten Bedingungen abhängen. Die Grösse der Dehnung hängt ab von der Grösse der Belastung und dem Grade der Dehnbarkeit, während die Contractionsgrösse oder Hubhöhe eines unbelasteten Muskels von der Stärke des Reizes und der Grösse der Reizbarkeit abhängt, deren letztere wieder eine Function der Ermüdung ist. Hiernach hat es etwas ganz besonders Befremdliches,

dass die Verstärkung des Reizes in meinem Verfahren ganz erfolglos bleibt, und dass die grossen Verschiedenheiten der Ermüdung, welche mit meinem Experimentalverfahren unausbleiblich verbunden sind, und welche nur h nicht aber d beeinflussen können, an der Lage der Dinge nichts ändern.

Wenn sich nun gefunden, dass $\frac{d}{h}$ ein constantes Verhältniss ist, so implicirt dies die Nothwendigkeit, dass wie $d:h$ auch $\frac{d}{l}:\frac{h}{l}$ constant sei.

Nun ist aber $\frac{d}{l}$ die Dehnbarkeit des ruhenden und $\frac{h}{l}$ die Contractilität des thätigen Muskels, die unstreitig beide von seinen elastischen Kräften abhängen. Für $\frac{d}{l}$ bedarf dies keines Nachweises, bezüglich $\frac{h}{l}$ aber ist zu bemerken, dass die beiden einzig möglichen Ansichten über die Beziehung der elastischen Kräfte zur Muskelverkürzung gleichmässig auf eine Abhängigkeit der letzteren von der ersteren hinweisen. Mögen Muskelkräfte und Elasticität identisch sein, wie *Weber* annimmt, oder mag die Elasticität der contractilen Muskelkraft entgegen wirken, wie *Fontana* lehrte, immerhin würde $\frac{h}{l}$ von den elastischen Kräften abhängen müssen. Wenn nämlich die Muskelkraft dahin arbeitet die Fasern zu verkürzen, während die Elasticität bestrebt ist ihre natürliche Länge zu erhalten, so ist einleuchtend, dass bei gleichen Grössen der Muskelkraft die Hubhöhe um so kleiner ausfallen muss, je grösser die Gegenwirkung der Elasticität ist.

So kommt man zunächst zu der Vermuthung, dass die Constanz des Verhältnisses $d:h$ welche mit der Beständigkeit des Verhältnisses $\frac{d}{l}:\frac{h}{l}$ zusammenfällt, wohl auf die gemeinsame Abhängigkeit beider von einer Kraft, und zwar von der Kraft der Elasticität zurück zu führen sei.

Diese immerhin noch dunkeln Vorstellungen erlangen erst Klarheit, wenn man sich auf den Standpunkt der *Weber*'schen Theorie stellt und annimmt, was übrigens schon *Schwann* behauptet, dass die Verkürzung der Muskeln nur durch ihre elastischen Kräfte vermittelt werde.

Nach dieser Auffassung ist in den von mir angestellten Ver-

suchen $h=\delta$, wenn δ diejenige Dehnung des thätigen Muskels bedeutet, welche von demselben Gewicht p abhängt, von welchem die Dehnung des ruhenden Muskels, mein d, ebenfalls abhängt.

Dass nun bei gleicher Belastung des ruhenden und des thätigen Muskels zwischen den Dehnungen beider ein gesetzlicher Zusammenhang bestehen werde ist voraus zu setzen.

Um ohne zu grosse Breite zeigen zu können, dass in meinen Versuchen die Hubhöhe des unbelasteten Muskels der Dehnung des thätigen gleichkommt, also $h=\delta$ ist, muss ich einige Zeichen einführen. Es bedeute:

l die natürliche Länge des ruhenden, unbelasteten Muskels,

L die Länge des ruhenden mit p belasteten Muskels,

$d=L-l$ die durch das angehangene Gewicht p verursachte Dehnung des ruhenden Muskels,

λ die Länge des thätigen unbelasteten Muskels, im Momente der grössten Verkürzung, eine Länge die nach *Weber*'s Vorgange als die natürliche Länge des thätigen Muskels betrachtet werden soll,

Λ die Länge des thätigen belasteten Muskels, im Momente der grössten Verkürzung.

Selbstverständlich muss Λ um einen gewissen Werth, den wir mit δ bezeichnen, grösser sein als λ und würde nun δ, da wir λ als die natürliche Länge des thätigen Muskels betrachten, die durch Belastung desselben verursachte Dehnung bezeichnen. Also:

$\delta=\Lambda-\lambda$ die durch Anhängung des Gewichtes p verursachte Dehnung des thätigen Muskels,

h die Contractionsgrösse oder Hubhöhe des unbelasteten Muskels, im Momente grösster Verkürzung.

Mit Rücksicht auf diese Bezeichnungen ist:

$\lambda=l-h$, also $l=\lambda+h$, und

$\Lambda=\lambda+\delta$

Nun ist aber nach meinen Versuchen (und zwar im Versuch 1 jeder Gruppe) $\Lambda=l$ gemacht, also ist:

$$\Lambda=\lambda+\delta=\lambda+h$$

und folglich $h=\delta$.

Ferner ist die Dehnbarkeit des thätigen Muskels

$$=\frac{\delta}{\lambda}=\frac{h}{l-h}$$

In Betracht nun dass die Dehnbarkeiten sich umgekehrt wie die elastischen Kräfte verhalten, kommt man auf folgende Proportion:

$$E' : E = \frac{d}{l} : \frac{h}{l-h}$$

wo E' die elastische Kraft des thätigen Muskels und E die elastische Kraft des unthätigen Muskels bezeichnet. — Aus dieser Gleichung folgt:

$$\frac{E'}{E} = \frac{d(l-h)}{lh} = \frac{d}{h}\left(\frac{l-h}{l}\right) = \frac{d}{h}\left(1 - \frac{h}{l}\right)$$

Also wenn $\frac{d}{h}$ constant und sehr nahezu $= 1/3$ ist

$$E' : E = 1/3\left(1 - \frac{h}{l}\right) : 1$$

Ich verdanke diese Formel meinem verehrten Freunde *Wilhelm Weber*, welcher wenn ich seine brieflichen Mittheilungen richtig verstanden, mit derselben die Schwierigkeiten an denen ich Anstoss genommen, für erledigt hält. Auch hebt er ausdrücklich hervor, dass die aus meinen Versuchen abgeleitete Formel mit den von seinem Bruder *Eduard Weber* ermittelten Versuchen sehr wohl übereinstimme.

Und in der That ist nach einer Seite hin eine sehr wesentliche Uebereinstimmung unverkennbar. *E. Weber* hatte ausdrücklich hervorgehoben, dass die Dehnbarkeit des thätigen Muskels grösser und folglich seine elastische Kraft kleiner sei als die des ruhenden Muskels. Dasselbe besagt die eben aufgestellte Formel. Aber *Wilhelm Weber* glaubt die Uebereinstimmung zwischen den Versuchen seines Bruders und den Aussagen der Formel noch in einem andern Punkte gefunden zu haben. Er schreibt:

»Aus der Formel $E' : E = 1/3\left(1 - \frac{h}{l}\right) : 1$ ergiebt sich, da h mit der Ermüdung abnimmt, dass die Elasticität des gereizten Muskels E' mit der Ermüdung zunehme, was also mit dem von meinem Bruder gefundenen Resultate wohl übereinstimmt, nur dass wenn $\frac{d}{h}$ sich gar nicht ändert, der Werth E' den Werth von $1/3\ E$ nicht überschreiten könnte.«

Diese Bemerkung kann wohl nur darauf beruhen, dass *W. Weber* die Arbeit seines Bruders über Muskelthätigkeit nicht zur Hand gehabt hat, wie er selbst an einer Stelle seines Briefes ausdrücklich angiebt. Man vergleiche in *Weber's* Arbeit die Seite 114 aufgestellte Tabelle, und man wird finden, dass in einem

mit 7,5 Grm. belasteten Zungenmuskel die Dehnbarkeit bis zur Ermüdungsstufe des 13. Versuches, und in einem mit 12,5 Grm. belasteten bis zur Ermüdungsstufe des 23. Versuches die Dehnbarkeit stetig wuchs und also die elastische Kraft stetig abnahm. Ich selbst habe in Versuchen nach der *b* Methode gefunden, dass die Elasticität stets, vom Anfange der Versuchsreihe bis zu deren Ende, abnimmt, und dass nur in Versuchen mit Hülfe der von *Weber* benutzten *a* Methode das anfängliche Sinken der elastischen Kräfte später in ein Steigen derselben übergeht.

Die Formel verlangt also dass mit dem Zunehmen der Ermüdung die elastische Kraft des thätigen Muskels ohne Ausnahme wachse, während die Erfahrung lehrt, dass dies nur ausnahmsweise vorkomme.

Ein zweiter Misstand ist folgender. Da h *caeteris paribus* mit der Stärke des Reizes wächst, so muss mit dem Anwachsen des Reizes das Glied $\frac{1}{3}\left(1 - \frac{h}{l}\right)$ und dementsprechend auch die Elasticität des thätigen Muskels E' kleiner werden. Die allerdings nicht sehr zahlreichen, aber sorgfältigen Versuche welche ich hierüber angestellt habe ergeben genau das Gegentheil. Ich operirte an ein und demselben Muskel, welcher abwechselnd mit 0 Grm. und 5 Grm. belastet wurde, in der Weise, dass ich in der ersten Abtheilung der Versuche den stärksten Reiz in Anwendung nahm, in der zweiten Abtheilung einen schwächeren, in der dritten Abtheilung endlich den schwächsten.

Nun mussten in der ersten Abtheilung die Hubhöhen h aus doppeltem Grunde den höchsten Werth haben, einmal weil der Reiz am stärksten war, und zweitens weil die Ermüdung bis dahin die Contractionen am wenigsten geschwächt hatte. Umgekehrt mussten die Hubhöhen der 3. Abtheilung theils wegen des sehr geschwächten Reizes, theils wegen der weit vorgeschrittenen Ermüdung vorzugsweise klein ausfallen, wie auch die Beobachtungen bestätigten.

Der Formel nach hätten also die Versuche der ersten Abtheilung auf besonders niedrige elastische Kräfte führen sollen, dagegen die Versuche der 3. Abtheilung auf besonders hohe. Ich bemerkte schon dass gerade das Gegentheil statt fand, und zwar in ziemlich auffallender Weise. Im Versuche 2, bei stärkstem Reize, betrug die Dehnbarkeit, auf 1 Grm. des Belastungs-Ge-

wichtes 0,0281, im 7. Versuche betrug dieselbe bei mittlerer Reizstärke 0,0361; im 13. Versuche endlich, bei schwächstem Reize, erhob sie sich auf 0,0513. Da nun die elastischen Kräfte sich umgekehrt wie die Dehnbarkeiten verhalten, so haben sich im vorliegenden Falle mit den grössten h Werthen die grössten elastischen Kräfte verbunden.

Die von *W. Weber* aufgestellte Formel includirt also Consequenzen, welche den mitgetheilten Erfahrungen über das Verhältniss der elastischen Kräfte $E' : E$ nicht entsprechen. Ich war geneigt anzunehmen, dass die Unbrauchbarkeit der Formel auf der Nichtberechtigung ihrer theoretischen Voraussetzungen und namentlich auf dem Identificiren von Muskelkraft und Elasticität beruhe, und legte sie daher zugleich mit meinen Versuchen unbefriedigt bei Seite.

Nachdem indess eine Reihe von Jahren vergangen, in welchen mir die Annahme dass die Muskeln doch nur durch elastische Kräfte wirken, immer wahrscheinlicher geworden war, bin ich vor Kurzem auf meine alten Versuche nochmals zurückgekommen, und hoffe nun die vorliegenden Schwierigkeiten lösen zu können.

Ich lasse die von *E. Weber* begründete Auffassung der Muskelkraft und folglich auch die Voraussetzungen der von *W. Weber* aufgestellten Formel als richtig gelten. Dass die aus dieser Formel abgeleiteten Consequenzen mit zahlreichen Erfahrungen über die elastischen Kräfte der Muskeln in Widerspruch stehn, beziehe ich nicht auf die Fehlerhaftigkeit der Formel sondern auf ihre Unzulänglichkeit. Die Formel ist nämlich mehr nicht als eine empirische Formel. Sie stellt nur die Gesetzlichkeit gewisser, an ganz bestimmte Bedingungen gebundener Bewegungsvorgänge dar, begründet aber kein allgemeines Gesetz für die Muskelthätigkeit überhaupt. Wie wichtig es ist hierauf Rücksicht zu nehmen, wird sich aus folgendem ergeben.

Die Dehnung des ruhenden Muskels, unser d ist, bei der Art wie wir messen, unabhängig von der Zeit, nicht so h, die Hubhöhe des unbelasteten Muskels. Dieselbe wächst in Folge des Reizes bis zu einer gewissen Grenze und sinkt dann allmälig wieder bis auf Null. Hiernach ist klar, dass das Verhältniss $\frac{d}{h}$ im Verlaufe eines Contractionsvorganges beständig seinen Werth ändere.

Wenn nun nach meinen Versuchen $\frac{d}{h}$ constant $= \frac{1}{3}$, also h constant $= 3\,d$ ist, so kann dies nur an ganz besondern Bedingungen meines Experimentalverfahrens liegen. Zunächst wird zur Bestimmung des h Werthes immer derjenige Zeitmoment benutzt, wo sich der Muskel im Maximum der Verlängerung befindet. Es ergänzt sich also h mit λ zu l. Diese Ergänzung kommt aber zu Stande in einem Muskel, der durch den vorhergehenden Versuch in einem ganz bestimmten Grade ermüdet ist, in dem Grade nämlich, dass nach Anhängung des Gewichtes p, welches zur Production der Dehnung d dient, der thätige Muskel genau die Länge annimmt, die er ruhend und unbelastet von vorn herein hatte. Nun ist $\varLambda = \lambda + \delta = l$, es ergänzt sich also auch δ mit λ zu l und ist in allen Versuchen $h = \delta$. So wird durch mein Experimentalverfahren eine nothwendige Beziehung zwischen h und d hergestellt, indem beide als Functionen von p auftreten.

Aus derartigen Versuchen ist *Wilhelm Weber's* Formel abgeleitet, welche aussagt: wie das Verhältniss der elastischen Kräfte des thätigen und des ruhenden Muskels sich ändert, wenn die Hubhöhe, abhängig von Reiz und Ermüdung, sich ändert. Bedenkt man nun, dass in den Versuchen Hubhöhe und Dehnung des thätigen Muskels äquivalente Werthe sind, so ist einleuchtend dass die aus den Versuchen abgeleitete Formel nur solchen Fällen genügen könne, wo $h = \delta$ ist.

Die Consequenzen der Formel

$$E' : E = \frac{1}{3}\left(1 - \frac{h}{l}\right) : 1$$

(beispielsweise die von *W. Weber* aufgestellte Schlussfolgerung, dass wenn $\frac{d}{h}$ constant wäre, E' nie den Werth von $\frac{1}{3}E$ überschreiten dürfe) können nur für Versuche gelten, welche nach dem Muster der meinigen angestellt sind, und hat also der Mangel an Uebereinstimmung zwischen den Postulaten der Formel und den bisher bekannt gewordenen Erfahrungen nichts Anstössiges.

Hiermit glaube ich die Bedenken, welche die *Weber*'sche Formel durch ihre Unanwendbarkeit auf so viele Erfahrungen erwecken musste, beseitigt zu haben, indess wäre möglich, dass gerade meine Erörterung ein neues Bedenken hervorriefe.



Wenn nämlich die Erfahrung dass $\frac{d}{h}$ constant und $h = 3\,d$ ist auf Versuchen fusst, in welchen ich durch willkührliche Maassnahmen h in die Gleichung $h=\delta$ hinein gezwängt habe, so könnte fraglich erscheinen, ob die von mir nachgewiesene Constante nicht ein Artefact und für die Muskelphysiologie ganz gleichgültig sei.

Hierauf glaube ich zunächst erwidern zu müssen, dass es zwar von meinem Willen abhing $h=\delta$ zu machen, dass aber die Constanz des Verhältnisses $\frac{d}{h} = \frac{d}{\delta}$ nicht abhängig vom Willen ist, sondern nur auf einem nothwendigen und ebendeshalb gesetzlichen Zusammenhange zwischen Dehnung und Hubhöhe beruhen kann. Allerdings habe ich diesen gesetzlichen Zusammenhang nur für eine bestimmte Hubhöhe nachgewiesen, wo $h=\delta$ ist, aber unmöglich kann sich ein gesetzlicher Zusammenhang auf einen einzelnen Fall beschränken. Das Gesetz wird auch bei andern h Werthen sich geltend machen, nur wird es unter verschiedenen Bedingungen unter verschiedenen Formen sich kund geben; denn hier wie überall müssen die Folgen des Gesetzes Functionen der gegebenen Bedingungen sein.

Hieran schliesst sich eine zweite Betrachtung. Wenn, wie erwiesen, die Hubhöhe h in einem nothwendigen Zusammenhange mit der Dehnung des thätigen Muskels δ steht, so ist anzunehmen, dass sie auch in einem nothwendigen Zusammenhange mit der Dehnung des unthätigen Muskels d stehe, denn beide Dehnungen sind Functionen der bezüglichen elastischen Kräfte, sie müssen in nothwendiger Beziehung zu einander stehn, wenn die elastischen Kräfte selbst gesetzlich zusammenhängen, und dass zwischen diesen ein gesetzlicher Zusammenhang bestehe kann schwerlich bezweifelt werden. Was ist die elastische Kraft des thätigen Muskels anders, als die durch den Einfluss der Lebensthätigkeit transformirte Elasticität des ruhenden Muskels, und wer könnte glauben dass diese Transformation eine gesetzlose sei?

So weisen also meine Versuche auf ein System innerer Beziehungen zwischen h, d und δ hin, auf ein System innerer Beziehungen zwischen den verschiedensten Bewegungsvorgängen im Muskel, womit die Annahme einer allgemeinen Grundkraft, von welcher alle jene scheinbaren disparaten Bewegungen ab-



hängen, fast unabweisbar wird. Verlegt man diese Grundkraft in die Elasticität, so stellt man sich auf den Standpunkt der *Weber*'schen Elasticitätslehre, welche wie selbstverständlich jede Dehnung, so auch jede Verkürzung des Muskels zunächst von dessen elastischen Kräften abhängig macht. Ich glaube gezeigt zu haben, dass die von vorn herein so unbegreiflichen Ergebnisse meiner Versuche vom Standpunkte dieser Theorie aus einen lichtvollen Zusammenhang gewinnen, was für die wichtige Streitfrage über die Bedeutung der elastischen Kräfte im Muskel von Belang ist.

SITZUNG AM 4. MAI 1870.

P. A. Hansen, *Bestimmung des Schwerpunkts eines beliebigen sphärischen Dreiecks.*

Durch die Ausdrücke zur Bestimmung des Schwerpunkts eines auf unbestimmter Oberfläche liegenden, und aus kürzesten Linien auf dieser Oberfläche gebildeten, Dreiecks, die ich kürzlich in der »Supplement zu den »»Geodätische Untersuchungen«« u. s. w.« benannten Abhandlung gegeben habe, bekommt man auch die sich auf das sphärische Dreieck beziehenden Ausdrücke, die schon dort aus den allgemeinen Ausdrücken abgeleitet worden sind. Diese bestehen aus Reihen, und enthalten blos die Glieder dritter Ordnung, die für den Zweck, dem sie dort bestimmt waren, ausreichen.

In Betreff des sphärischen Dreiecks kann man die Integrationen, die zur Bestimmung des Schwerpunkts desselben dienen, durch endliche und einfache Ausdrücke erhalten, und diese sollen hier abgeleitet werden.

1.

Auf der Kugeloberfläche nehme man einen beliebigen Punkt A als Anfangspunkt der Coordinaten an, und mache die Berührungsebene in diesem Punkt zur Ebene der xy; die positive z Achse soll nach dem Inneren der Kugel gerichtet sein, und fällt daher mit dem durch den Punkt A gezogenen Kugeldurchmesser zusammen.

Vom Punkt A aus ziehe man eine beliebige Anzahl grösster Kreise σ, und nenne den Winkel, den die Ebene eines jeden derselben mit der Ebene der xz macht φ, dann werden für

irgend einen Punkt der Kugeloberfläche, wenn der Kugelhalbmesser = 1 gesetzt wird, die rechtwinkligen Coordinaten

$$x = \sin\sigma \cos\varphi$$
$$y = \sin\sigma \sin\varphi$$
$$z = 1 - \cos\sigma$$

Das Flächenelement auf der Oberfläche der Kugel bekommt, wenn man es mit $d\omega$ bezeichnet,

$$d\omega = \sin\sigma\, d\sigma\, d\varphi$$

zum Ausdruck, den man unter andern dadurch begründen kann, dass die Linearelemente $\sin\sigma\, d\varphi$ und $d\sigma$ auf der Kugeloberfläche einander immer unter einem rechten Winkel schneiden, welcher Satz wiederum dadurch begründet werden kann, dass ein beliebiges Linearelement ds auf der Kugeloberfläche

$$ds^2 = d\sigma^2 + \sin^2\sigma\, d\varphi^2$$

zum Ausdruck hat.

Ich mache darauf aufmerksam dass, wenn man den Kugelhalbmesser mit r bezeichnen wollte, die obigen Ausdrücke für x, y, z mit r, und der Ausdruck für $d\omega$ mit r^2 multiplicirt werden müssten.

2.

Denken wir uns jetzt ein rechtwinkliges sphärisches Dreieck, dessen einer Eckpunkt A, und dessen Hypotenuse σ ist. Die Catheten dieses Dreiecks sollen mit h und k bezeichnet werden, und wenn wir hiebei annehmen, dass k, vom Punkt A ausgehend, in der Ebene des xz liegen soll, so ist offenbar k der specielle Werth von σ für $\varphi = 0$. Die sphärische Trigonometrie giebt unter andern zwischen diesen und jenen Bögen die folgenden Relationen

$$\sin\sigma \sin\varphi = \sin h$$
$$\sin\sigma \cos\varphi = \sin k \cos h$$
$$\cos\sigma \quad = \cos k \cos h$$

durch deren Zuziehung man die krumlinigen Polarcoordinaten σ und φ in die krumlinigen, rechtwinkligen Coordinaten h und $k \cos h$ umformen kann. Man bekommt nemlich für das durch dh und dk ausgedrückte Linearelement den Ausdruck

$$ds^2 = dh^2 + \cos^2 h\, dk^2$$

und kann daher die eben genannten krumlinigen, rechtwink-

ligen Coordinaten mit Meridianen und Parallelkreisen auf der Kugeloberfläche vergleichen. Es ist an sich klar, dass die Meridiane und die Parallelkreise einander in jedem Punkte unter einem rechten Winkel schneiden.

3.

Da nun die Coordinaten des Schwerpunkts irgend eines Theils einer Oberfläche, wenn sie mit x', y', z', bezeichnet werden,

$$x' = \frac{\iint x d\omega}{\iint d\omega}, \quad y' = \frac{\iint y d\omega}{\iint d\omega}, \quad z' = \frac{\iint z d\omega}{\iint d\omega}$$

zum Ausdruck haben, wenn die Integrationen auf den ganzen in Betracht kommenden Theil der Oberfläche ausgedehnt werden, so bekommen wir in unserem Falle

$$\begin{aligned} x d\omega &= \sin^2\sigma \cos\varphi \, d\sigma d\varphi \\ y d\omega &= \sin^2\sigma \sin\varphi \, d\sigma d\varphi \\ z d\omega &= (1 - \cos\sigma) \sin\sigma \, d\sigma \, d\varphi \\ d\omega &= \sin\sigma \, d\sigma \, d\varphi \end{aligned}$$

welche so zu integriren sind, dass die Integrale sich über das ganze in Betracht zu ziehende sphärische Dreieck erstrecken.

4.

Ziehen wir von A aus, ausserhalb des im vorvor. Art. betrachteten, rechtwinkligen sphärischen Dreiecks einen Bogen grössten Kreises bis an die, am Endpunkt der Cathete k verlängerte, andere Cathete h, so wird dadurch ein zweites rechtwinkliges sphärisches Dreieck gebildet, dessen Hypotenuse der eben gezogene Bogen grössten Kreises, und dessen eine Cathete wieder k ist. Die zweite Cathete, die die Verlängerung von h bildet, soll h' genannt werden.

Die Summe dieser beiden rechtwinkligen Dreiecke bildet ein allgemeines, schiefwinkliges Dreieck, dessen Schwerpunkt hier gesucht werden soll. Um die Integrationen auf die ganze Fläche dieses Dreiecks auszudehnen müssen, zufolge der in den »Geodätischen Untersuchungen« entwickelten Grundsätze, zuerst die Ausdrücke des vor. Art. in Bezug auf σ integrirt werden, wobei φ constant zu setzen ist. Hierauf sind die Integrale in

Function von k, h, dh darzustellen, und von $h = -h'$ bis $h = h$ zu integriren, wobei k constant zu nehmen ist.

Durch die Gleichungen des Art. 2 können schon σ und φ eliminirt, und durch k und h ersetzt werden, die Gleichung für die Elimination von $d\varphi$ kann leicht aus denselben erhalten werden. Sie geben durch die Differentiation

$$\begin{aligned} \cos\sigma \sin\varphi \, d\sigma + \sin\sigma \cos\varphi \, d\varphi &= \cos h \, dh \\ \cos\sigma \cos\varphi \, d\sigma - \sin\sigma \sin\varphi \, d\varphi &= -\sin k \sin h \, dh \end{aligned}$$

woraus nach der Elimination von $d\sigma$

$$d\varphi = \frac{\sin k}{\sin^2\sigma} dh = \frac{\sin k}{1 - \cos^2 k \cos^2 h} dh$$

folgt. Hiedurch ist $d\varphi$ in Function von k, h, dh ausgedrückt.

5.

Die ersten Integrale der Ausdrücke des Art. 3 sind sehr leicht zu erhalten, und werden, da sie für $\sigma = 0$ verschwinden müssen,

$$\begin{aligned} \int x \, d\omega &= \tfrac{1}{2} (\sigma - \sin\sigma \cos\sigma) \cos\varphi \, d\varphi \\ \int y \, d\omega &= \tfrac{1}{2} (\sigma - \sin\sigma \cos\sigma) \sin\varphi \, d\varphi \\ \int z \, d\omega &= \tfrac{1}{2} (1 - \cos\sigma)^2 d\varphi \\ \int d\omega &= (1 - \cos\sigma) \, d\varphi \end{aligned}$$

Eliminirt man nun σ, φ, $d\varphi$ durch die Gleichungen

$$\begin{aligned} \sin\sigma \sin\varphi &= \sin h \\ \sin\sigma \cos\varphi &= \sin k \cos h \\ \cos\sigma &= \cos k \cos h \end{aligned}$$

$$d\varphi = \frac{\sin k}{1 - \cos^2 k \cos^2 h} dh$$

so werden sie

$$\int x \, d\omega = \tfrac{1}{2} \frac{\sin^2 k \cos h \, dh}{(1 - \cos^2 k \cos^2 h)^{\frac{3}{2}}} \text{ arc } (\cos = \cos k \cos h)$$
$$- \tfrac{1}{2} \frac{\sin^2 k \cos k \cos^2 h \, dh}{1 - \cos^2 k \cos^2 h}$$

$$\int y \, d\omega = \tfrac{1}{2} \frac{\sin k \sin h \, dh}{(1 - \cos^2 k \cos^2 h)^{\frac{3}{2}}} \text{ arc } (\cos = \cos k \cos h)$$
$$- \tfrac{1}{2} \frac{\sin k \cos k \sin h \cos h \, dh}{1 - \cos^2 k \cos^2 h}$$

$$\int z\,d\omega = \tfrac{1}{2}\,\frac{\sin k\,(1-\cos k\cos h)\,dh}{1+\cos k\cos h}$$

$$\int d\omega \;=\; \frac{\sin k\,dh}{1+\cos k\;\cos h}$$

die in Bezug auf h zwischen den oben genannten Grenzen zu integriren sind.

6.

Um diese Integrationen auf die einfachste Weise auszuführen, bemerke ich dass identisch

$$\sin^2 k\cos h = \cos h\;(1-\cos^2 k\cos^2 h) - \cos^2 k\sin^2 h\cos h$$

ist. Substituirt man diese Gleichung, so wird

$$\frac{\sin^2 k\cos h\,dh}{(1-\cos^2 k\cos^2 h)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\cos h\,dh}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}} - \frac{\cos^2 k\sin h\cos h.\sin h\,dh}{(1-\cos^2 k\cos^2 h)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= d.\,\frac{\sin h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}$$

durch theilweise Integration wird daher das Integral des ersten Gliedes von $\int x\,d\omega$ = dem Integral aus

$$\tfrac{1}{2}\,d.\,\frac{\sin h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}\ \text{arc}\,(\cos = \cos k\,\cos h) - \tfrac{1}{2}\,\frac{\cos k\,\sin^2 h\,dh}{1-\cos^2 k\,\cos^2 h}$$

aber die Summe dieses zweiten Gliedes und des zweiten Gliedes in $\int x\,d\omega$ ist =

$$-\tfrac{1}{2}\cos k\,dh$$

und das ganze Integral wird daher ohne Rücksicht auf die Grenzen

$$\iint x\,d\omega = \tfrac{1}{2}\,\frac{\sin h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}\ \text{arc}\,(\cos = \cos k\,\cos h) - \tfrac{1}{2}\,h\cos k$$

Ferner ist identisch

$$\sin k\,\sin h = \sin k\,\sin h\;(1-\cos^2 k\cos^2 h) + \sin k\,\cos^2 k\,\sin h\cos^2 h$$

folglich

$$\frac{\sin k\,\sin h\,dh}{(1-\cos^2 k\cos^2 h)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\sin k\,\sin h\,dh}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}} + \frac{\cos^2 k\sin h\cos h.\,\sin k\cos h\,dh}{(1-\cos^2 k\cos^2 h)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= -\,d.\,\frac{\sin k\cos h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}$$

und durch theilweise Integration wird das Integral des ersten Gliedes von $\int y\,d\omega$ = dem Integral aus

$$-\tfrac{1}{2}d.\ \frac{\sin k\cos h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}\operatorname{arc}(\cos=\cos k\cos h)+\tfrac{1}{2}\frac{\sin k\cos k\sin h\cos h\,dh}{1-\cos^2 k\cos^2 h}$$

aber das zweite Glied von $\int y\,d\omega$ hebt sich gegen das zweite Glied des vorstehenden Ausdrucks auf, und es wird daher

$$\iint y\,d\omega = -\tfrac{1}{2}\frac{\sin k\cos h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}\operatorname{arc}(\cos=\cos k\cos h)$$

Ferner ist identisch

$$1-\cos k\cos h = 2-(1+\cos k\cos h)$$

folglich

$$\int z\,d\omega = \frac{\sin k\,dh}{1+\cos k\cos h}-\tfrac{1}{2}\sin k\,dh$$

Um das erste Glied dieses Ausdrucks zu integriren ist zu bemerken, dass identisch

$$(\cos k+\cos h)^2 = (1+\cos k\cos h)^2-\sin^2 k\sin^2 h$$

und folglich

$$\cos k+\cos h = (1+\cos k\cos h)\sqrt{1-\frac{\sin^2 k\sin^2 h}{(1+\cos^2 k\cos^2 h)^2}}$$

wird. Ferner findet man durch die Differentiation leicht dass

$$d.\ \frac{\sin k\sin h}{1+\cos k\cos h} = \frac{\sin k\,(\cos k+\cos h)\,dh}{(1+\cos k\cos h)^2}$$

ist, woraus sogleich

$$\iint z\,d\omega = \operatorname{arc}\left(\sin=\frac{\sin k\sin h}{1+\cos k\cos h}\right)-\tfrac{1}{2}h\sin k$$

folgt. Es ergiebt sich hieraus ohne Weiteres

$$\iint d\omega = \operatorname{arc}\left(\sin=\frac{\sin k\sin h}{1+\cos k\cos h}\right)$$

womit alle Integrationen an sich ausgeführt sind.

7.

Nehmen wir nun die erhaltenen Integrale von $h=-h'$ bis $h=h$, so werden sie, wenn man wie oben die Coordinaten des Schwerpunkts des allgemeinen sphärischen Dreiecks mit x', y', z' bezeichnet,

$$x'\omega = \tfrac{1}{2}\frac{\sin h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h'}}\,\text{arc}\,(\cos = \cos k\cos h')$$

$$+\tfrac{1}{2}\frac{\sin h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}\,\text{arc}(\cos=\cos k\cos h) - \tfrac{1}{2}(h'+h)\cos k$$

$$y'\omega = \tfrac{1}{2}\frac{\sin k\cos h'}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h'}}\,\text{arc}\,(\cos = \cos k\cos h')$$

$$-\tfrac{1}{2}\frac{\sin k\cos h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}\,\text{arc}\,(\cos = \cos k\cos h)$$

$$z'\omega = \text{arc}\left(\sin = \frac{\sin k\sin h'}{1+\cos k\cos h'}\right)$$

$$+\,\text{arc}\left(\sin = \frac{\sin k\sin h}{1+\cos k\cos h}\right) - \tfrac{1}{2}(h'+h)\sin k$$

$$\omega = \text{arc}\left(\sin = \frac{\sin k\sin h'}{1+\cos k\cos h'}\right) + \text{arc}\left(\sin = \frac{\sin k\sin h}{1+\cos k\cos h}\right)$$

8.

Bezeichnen wir, wie gewöhnlich, die Winkel des sphärischen Dreiecks mit A, B, C, und die gegenüber liegenden Seiten mit a, b, c. Seien ausserdem für das zweite, oben eingeführte, rechtwinklige Dreieck φ' und σ' dasselbe, was φ und σ für das erste rechtwinklige Dreieck sind, dann werden

$$A = \varphi+\varphi',\ a = h+h',\ c = \sigma,\ b = \sigma'$$

Die Winkel oder Bögen φ, φ', h, h', k gehören zu den gewöhnlichen Hülfsbögen, die man zur Berechnung der schiefwinkligen, sphärischen Dreiecke einführt, und stehen mit den Dreiecksstücken selbst durch die folgenden Gleichungen in Verbindung,

$$\begin{array}{llll}
\cos k\sin h = \sin c\cos B, & & \cos k\sin h' = \sin b\cos C \\
\cos k\cos h = \cos c, & & \cos k\cos h' = \cos b \\
\sin k = \sin c\sin B, & & \sin k = \sin b\sin C \\[1ex]
\cos h\sin k = \sin c\cos\varphi, & & \cos h'\sin k = \sin b\cos\varphi' \\
\cos h\cos k = \cos c, & & \cos h'\cos k = \cos b \\
\sin h = \sin c\sin\varphi, & & \sin h' = \sin b\sin\varphi' \\[1ex]
\cos k\sin\varphi = \cos B, & & \cos k\sin\varphi' = \cos C \\
\cos k\cos\varphi = \sin B\cos c, & & \cos k\cos\varphi' = \sin C\cos b \\
\sin k = \sin B\sin c, & & \sin k = \sin C\sin b
\end{array}$$

Zu ihrer Berechnung reichen die folgenden aus,

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\operatorname{cotg} B}{\cos c}, \quad \operatorname{tg} h = \cos B \operatorname{tg} c, \quad \operatorname{tg} k = \operatorname{tg} c \cos\varphi$$

$$\varphi' = A - \varphi, \quad h' = a - h$$

Durch Anwendung dieser Gleichungen nehmen die Ausdrücke der Coordinaten des Schwerpunkts, die im vor. Art. erhalten wurden, eine sehr einfache Form an. Man findet ohne Mühe

$$\begin{aligned} x'\omega &= \tfrac{1}{2} b \sin\varphi' + \tfrac{1}{2} c \sin\varphi - \tfrac{1}{2} a \cos k \\ y'\omega &= \tfrac{1}{2} b \cos\varphi' - \tfrac{1}{2} c \cos\varphi \\ z'\omega &= \omega - \tfrac{1}{2} a \sin k \end{aligned}$$

Man kann diese Coordinaten auch durch die Dreiecksstücke selbst ausdrücken, und erhält durch die obigen Gleichungen

$$x'\omega = \frac{\tfrac{1}{2} b \cos C + \tfrac{1}{2} c \cos B - \tfrac{1}{2} a\,(1 - \sin^2 b \sin^2 C)}{\sqrt{1 - \sin^2 b \sin^2 C}}$$

$$y'\omega = \frac{\tfrac{1}{2} b \cos b \sin C - \tfrac{1}{2} c \cos c \sin B}{\sqrt{1 - \sin^2 b \sin^2 C}}$$

$$z'\omega = \omega - \tfrac{1}{2} a \sin b \sin C,$$

die aber weniger einfach sind als die vorhergehenden.

Man kann durch das vorstehende Verfahren den Schwerpunkt jedes beliebigen Vielecks auf der Kugel erhalten.

9.

Um auch den obigen Ausdruck für ω auf seine einfachste Form hinzuführen, setze ich

$$\sin x = \frac{\sin k \sin h}{1 + \cos k \cos h}, \quad \sin x' = \frac{\sin k \sin h'}{1 + \cos k \cos h'}$$

worauf

$$\omega = x + x'$$

wird. Aus den Hülfsgleichungen des vor. Art. bekommt man jetzt

$$\sin k \sin h = \sin^2 c \sin B \sin\varphi, \quad 1 + \cos k \cos h = 1 + \cos c$$

folglich

$$\sin x = \sin B \sin\varphi - \cos c \sin B \sin\varphi$$

aber dieselben Hülfsgleichungen geben auch

$$\cos c = \frac{\cos k \cos \varphi}{\sin B}, \quad \cos k = \frac{\cos B}{\sin \varphi}, \text{ also } \cos c = \operatorname{cotg} B \operatorname{cotg} \varphi$$

und hiemit wird

$$\sin x = \sin B \sin \varphi - \cos B \cos \varphi = \sin (\varphi + B - \tfrac{1}{2}\pi)$$

wenn π das Verhältniss des Kreisumfanges zum Durchmesser bezeichnet. Folglich wird

$$x = \varphi + B - \tfrac{1}{2}\pi$$

ebenso wird

$$x' = \varphi' + C - \tfrac{1}{2}\pi$$

und der obige Ausdruck für ω verwandelt sich in

$$\omega = A + B + C - \pi$$

welcher der bekannte Ausdruck ist.

10.

Um den Schwerpunkt zu construiren sollen die folgenden Beobachtungen angewandt werden. Beziehen wir jetzt irgend einen Punkt, innerhalb oder ausserhalb der Kugel, auf die rechtwinkligen Coordinaten ξ, η, ζ, die ihren Anfangspunkt im Mittelpunkt der Kugel haben, und den x, y, z parallel sind. Es folgt hieraus, dass für jeden Punkt

$$\xi = x, \; \eta = y, \; \zeta = 1 - z$$

und folglich auch für den Schwerpunkt unseres Dreiecks

$$\xi' = x', \quad \eta' = y', \quad \zeta' = 1 - z'$$

sind. Legen wir eine Ebene durch die Achse des ζ und den Schwerpunkt des Dreiecks, dann ist offenbar

$$\eta' \xi - \xi' \eta = 0$$

die Gleichung dieser Ebene, und auf dem grössten Kreise, den die Durchschnittslinie dieser Ebene mit der Kugeloberfläche bildet, liegt die Projection des Schwerpunkts.

Legen wir eine zweite Ebene durch die Dreiecksseite a oder $h + h'$ und die Achse der η, welches zufolge der Definition der Bögen h und h' immer möglich ist, dann steht diese Ebene senkrecht auf der Ebene der $\xi\zeta$, und bildet mit des Achse der ζ einen Winkel, welcher $= k$ ist. Die Gleichung dieser Ebene ist daher

$$\zeta \sin k - \xi \cos k = 0$$

Denken wir uns ausser diesen zwei Ebenen noch eine dritte, die durch die Achse der η und durch den Schwerpunkt geht, so steht diese Ebene wieder senkrecht auf die Ebene der $\xi\zeta$, und ihre Gleichung ist daher

$$\xi'\zeta - \zeta'\xi = 0$$

Die erste und zweite dieser Gleichungen sind auch die Gleichungen der Graden, in welcher sich die erste und zweite Ebene schneiden, und die erste und dritte Gleichung die Gleichungen der Graden, in welcher sich die erste und dritte Ebene schneiden. Diese beiden Graden gehen durch den Mittelpunkt der Kugel.

11.

Nennt man H den Winkel, den die erste der eben bezeichneten Graden mit der Ebene der $\xi\zeta$ macht, so bestimmt auf der Kugeloberfläche H den Punkt, in welchem der von dem Winkelpunkt A unsers Dreiecks durch die Projection des Schwerpunkts desselben gezogene grösste Kreis die Dreiecksseite a schneidet, und zwar ist dieser Durchschnittspunkt vom Winkelpunkt C um den Bogen $h' + H$, und von dem Winkelpunkt B um den Bogen $h - H$ entfernt.

Eine bekannte, allgemeine Formel der analytischen Geometrie giebt

$$\sin H = \frac{\eta}{\sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}}$$

woraus

$$\operatorname{tg} H = \frac{\eta}{\sqrt{\xi^2 + \zeta^2}}$$

folgt, wendet man diese auf die erste und zweite Gleichung des vor. Art. an, so bekommt man für die in Rede stehende Aufgabe

$$\operatorname{tg} H = \frac{\eta'}{\xi'} \sin k$$

Der Winkel, den dieselbe Grade mit der Achse der ζ macht, oder die Länge des vom Winkelpunkt A bis zur Seite a gezogenen, und durch die Projection des Schwerpunkts gehenden Bogens grössten Kreises, welcher λ genannt werden soll, ergiebt sich, zufolge einer allgemeinen Formel der analytischen Geometrie durch die Gleichung

$$\cos\lambda = \frac{\zeta}{\sqrt{\xi^2+\eta^2+\zeta^2}}$$

woraus

$$\operatorname{tg}\lambda = \frac{\sqrt{\xi^2+\eta^2}}{\zeta}$$

folgt. Nach der Anwendung der beiden ersten Gleichungen des vor. Art. auf diese Gleichung, bekommen wir für unsere Aufgabe

$$\operatorname{tg}\lambda = \frac{\operatorname{tg}k}{\xi'}\sqrt{\xi'^2+\eta'^2}$$

Der Winkel endlich, den die zweite, durch den Schwerpunkt und dessen Projection gehende Grade mit der Achse der ζ macht, oder der Bogen grössten Kreises, welcher sich vom Winkelpunkt A bis zur Projection des Schwerpunkts erstreckt, und λ' genannt werden soll, ergiebt sich durch die Anwendung der ersten und dritten Gleichung des vor. Art. auf die zuletzt angeführte allgemeine Gleichung wie folgt,

$$\operatorname{tg}\lambda' = \frac{\sqrt{\xi'^2+\eta'^2}}{\zeta'}$$

wofür man auch

$$\operatorname{tg}\lambda' = \frac{\xi'}{\zeta'}\operatorname{cotg}k\operatorname{tg}\lambda$$

schreiben kann. Hiemit ist die Construction der Projection des Schwerpunkts gegeben.

12.

Nachdem der Bogen H durch den betreffenden Ausdruck des vor. Art. berechnet worden ist, trägt man auf der Seite a den durch die Bögen $h' + H$ oder $h - H$ gegebenen Punkt auf, und zieht durch diesen und den Winkelpunkt A einen Bogen grössten Kreises. Berechnet man ferner durch die betreffende Gleichung des vor. Art. den Bogen λ', und trägt diesen von A ausgehend auf dem eben genannten Bogen grössten Kreises auf, so bezeichnet sein Endpunkt die Projection des Schwerpunkts des Dreiecks.

Man kann diese Construction abändern. Nachdem in Bezug auf die Seite a die Bögen h und H berechnet worden sind, berechne man durch Vertauschung der Bezeichnungen in den For-

meln dieselben beiden Bögen in Bezug auf eine der beiden andern Dreiecksseiten, z. B. in Bezug auf b. Zieht man nun von den zwei dadurch auf a und b gegebenen Punkten Bögen grössten Kreises an die gegenüber liegenden Winkel, so schneiden diese Bögen sich in der Projection des Schwerpunkts.

Wenn man den betreffenden Punkt auch in Bezug auf die dritte Seite c berechnet, und den entsprechenden Bogen zieht, so müssen nothwendiger Weise diese drei Bögen sich in einem und demselben Punkte, und zwar in der Projection des Schwerpunkts schneiden.

Nennt man endlich die Entfernung des Schwerpunkts selbst von seiner Projection auf der Kugeloberfläche R, so wird aus so nahe liegenden Gründen, dass ich sie nicht anzuführen brauche,

$$R = 1 - \sqrt{\xi'^2 + \eta'^2 + \zeta'^2}$$

13.

Substituiren wir mit Rücksicht auf die Gleichungen

$$\xi' = x', \eta' = y', \zeta' = 1 - z'$$

die im Art. 8 enthaltenen Ausdrücke für die Coordinaten des Schwerpunkts unsres Dreiecks in die im vorvor. und dem vor. Art. erhaltenen Gleichungen. Wir bekommen zuerst

$$\operatorname{tg} H = \frac{b \cos \varphi' - c \cos \varphi}{b \sin \varphi' + c \sin \varphi - a \cos k} \sin k$$

woraus H berechnet werden kann. Der Bogen λ lässt sich trigonometrisch berechnen, und zwar auf doppelte Weise. Er theilt das gegebene Dreieck in zwei andere Dreiecke, von welchen er eine gemeinschaftliche Seite ist. In dem einen dieser Dreiecke sind die beiden anderen Seiten $h - H$ und c, und der zwischen liegende Winkel ist B; in dem andern Dreieck sind die analogen Stücke $h + H$, b, C. Es wird daher

$$\cos \lambda = \cos (h - H) \cos c + \sin (h - H) \sin c \cos B$$

und auch

$$\cos \lambda = \cos (h' + H) \cos b + \sin (h' + H) \sin b \cos C$$

Nachdem hiemit λ gegeben ist, erhält man

$$\operatorname{tg} \lambda' = \frac{b \sin \varphi' + c \sin \varphi - a \cos k}{a} \cdot \frac{\cos k}{\sin^2 k} \operatorname{tg} \lambda$$

Endlich bekommt man

$$R = 1 - \frac{\sqrt{\{a^2 + b^2 + c^2 - 2bc\cos A - 2(b\sin\varphi' + c\sin\varphi)\, a\cos k\}}}{2(A + B + C - \pi)}$$

Dieser letzte Ausdruck muss eine symmetrische Function der darin vorkommenden Dreiecksstücke sein, und lässt sich auch leicht auf eine solche hinführen. Im Art. 8 ergaben sich unter andern die Gleichungen

$$\sin\varphi\cos k = \cos B,\ \sin\varphi'\cos k = \cos C$$

durch deren Substitution man sogleich

$$R = 1 - \frac{\sqrt{\{a^2 + b^2 + c^2 - 2bc\cos A - 2ac\cos B - 2ab\cos C\}}}{2(A + B + C - \pi)}$$

erhält.

14.

Auch diese Berechnungsart ist einer Abänderung fähig, indem man die Berechnung von λ und H gänzlich umgehen kann. Die Bögen λ, k, H sind die Seiten eines rechtwinkligen, sphärischen Dreiecks, in welchem λ die Hypotenuse ist, nennt man in diesem Dreieck den der Seite H gegenüber liegenden Winkel ψ, so wird

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{\operatorname{tg} H}{\sin k}$$

also in unserem Falle

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{b\cos\varphi' - c\cos\varphi}{b\sin\varphi' + c\sin\varphi - a\cos k}$$

Nun ist aber der Winkel zwischen der Dreiecksseite c und dem Bogen $\lambda = \varphi - \psi$, und folglich die Richtung von λ hiemit vollständig bestimmt. Die auf der Kugel gemessene Entfernung der Projection des Schwerpunkts des Dreiecks vom Winkelpunkt A, oder λ', bekommt man jetzt durch die Gleichung

$$\operatorname{tg}\lambda' = \frac{\sqrt{\{b^2 + c^2 - 2bc\cos A - 2(b\sin\varphi' + c\sin\varphi)\, a\cos k + a^2\cos^2 k\}}}{a\sin k}$$

womit die Projection des Schwerpunkts auch vollständig bestimmt ist.

15.

Die eben erhaltenen Ausdrücke lassen sich durch Einführungen von Hülfsgrössen zusammen ziehen. Construirt man ein

ebenes Dreieck, dessen zwei Seiten nebst dem zwischen liegenden Winkel b, c, A sind, und nennt die dritte Seite desselben (a), dann ist

$$(a)^2 = b^2 + c^2 - 2\,bc \cos A$$

Nennt man die in diesem Dreieck den Seiten b und c gegenüber liegenden Winkel β und γ, und setzt

$$\tfrac{1}{2}(\beta - \gamma) = \chi$$

dann ergeben sich (a) und χ durch die Gleichungen

$$(a) \sin\chi = (b - c) \cos \tfrac{1}{2} A$$
$$(a) \cos\chi = (b + c) \sin \tfrac{1}{2} A$$

Zieht man im ebenen Dreieck vom Winkelpunkt A eine Grade, die mit der Seite c den Winkel φ, und folglich mit b den Winkel φ' macht, so ist diese Grade das Analogon des Bogens k im sphärischen Dreieck, aber sie wird die Seite (a) im Allgemeinen nicht rechtwinklig schneiden. Es soll diese, unbestimmt verlängerte, Linie (k) genannt werden. Zieht man vom Winkelpunkt β eine Senkrechte auf (k), so ist diese $= c \sin\varphi$ und zieht man von γ eine Senkrechte auf (k), so ist diese $= b \sin\varphi'$. Die Abschnitte von (k), die durch diese Senkrechten bestimmt werden, sind bez. $c \cos\varphi$ und $b \cos\varphi'$. Es entsteht hiemit ein rechtwinkliges, ebenes Dreieck, in welchem die Hypotenuse (a), die eine Cathete die Summe der beiden Senkrechten, und die andere Cathete der Unterschied der beiden Abschnitte ist. Der erst genannten Cathete liegt der Winkel $\gamma + \varphi'$, und der letzt genannten der Winkel $\beta + \varphi - 90°$ gegenüber. Wir erhalten daher die doppelten Gleichungen

$$b \sin\varphi' + c \sin\varphi = (a) \sin(\gamma + \varphi') = (a) \sin(\beta + \varphi)$$
$$b \cos\varphi' - c \cos\varphi = (a) \cos(\gamma + \varphi') = -(a) \cos(\beta + \varphi)$$

und wenn wir hieraus das arithmetische Mittel nehmen,

$$b \sin\varphi' + c \sin\varphi = (a) \cos(\chi + \tfrac{1}{2}(\varphi - \varphi'))$$
$$b \cos\varphi' - c \cos\varphi = (a) \sin(\chi + \tfrac{1}{2}(\varphi - \varphi'))$$

Hiemit gehen die obigen Ausdrücke für ψ und λ' in die folgenden über,

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{(a) \sin 2F}{(a) \cos 2F - a \cos k}$$

$$\operatorname{tg} \lambda' = \frac{\sqrt{(a)^2 - 2\,(a)\,a \cos k \cos 2F + a^2 \cos^2 k}}{a \sin k}$$



wenn zur Abkürzung

$$2F = \chi + \tfrac{1}{2}(\varphi - \varphi')$$

gesetzt wird. Diese beiden Gleichungen lassen sich vereinfachen. In Folge der ersten kann man setzen,

$$\begin{aligned} K \sin \psi &= (a) \sin 2F \\ K \cos \psi &= (a) \cos 2F - a \cos k \end{aligned}$$

wo K noch unbestimmt ist. Multiplicirt man die erste dieser Gleichungen mit $\cos F$, die zweite mit $-\sin F$, und addirt die Producte, so ergiebt sich

$$K \sin(\psi - F) = \{(a) + a \cos k\} \sin F$$

Multiplicirt man hingegen die erste mit $\sin F$, die zweite mit $\cos F$, und addirt wieder die Producte, so erhält man

$$K \cos(\psi - F) = \{(a) - a \cos k\} \cos F$$

Erhebt man diese beiden Gleichungen ins Quadrat und addirt, so findet man

$$K^2 = (a)^2 - 2(a)\, a \cos k \cos 2F + a^2 \cos^2 k$$

und durch die Vergleichung dieser mit der Gleichung für $\operatorname{tg} \lambda'$,

$$K = a \sin k \operatorname{tg} \lambda'$$

Es ergeben sich also zur Bestimmung von ψ und λ' die beiden folgenden einfachen Gleichungen,

$$\begin{aligned} a \sin k \operatorname{tg} \lambda' \sin(\psi - F) &= \{(a) + a \cos k\} \sin F \\ a \sin k \operatorname{tg} \lambda' \cos(\psi - F) &= \{(a) - a \cos k\} \cos F \end{aligned}$$

Um auch für R einen einfachen Ausdruck zu erhalten, ist zu bemerken, dass die Vergleichung des Ausdrucks des vor. Art. für λ' mit dem Ausdruck des vorvor. Art. für R, sogleich

$$\begin{aligned} 4\omega^2 (1 - R)^2 &= a \sin^2 k \operatorname{tg}^2 \lambda' + a^2 \sin^2 k \\ &= a^2 \sin^2 k \sec^2 \lambda' \end{aligned}$$

giebt, woraus

$$R = 1 - \frac{a \sin k}{2 \omega \cos \lambda'}$$

folgt, und wie immer $\omega = A + B + C - \pi$ ist.

16.

Aus den vorhergehenden allgemeinen Formeln lassen sich

für einige besondere Fälle besonders einfache Ausdrücke für die Bestimmung des Schwerpunkts ableiten.

Suchen wir zuerst den Schwerpunkt einer halben Kugeloberfläche. Es ist an sich klar, dass die Projection des Schwerpunkts im Pole des grössten Kreises liegen muss, der diese halbe Kugeloberfläche begrenzt, und wir haben daher nur R zu suchen. Die halbe Kugeloberfläche kann als ein sphärisches, gleichseitiges Dreieck betrachtet werden, dessen Seiten jede $= 120° = \frac{2}{3}\pi$, und dessen Winkel jeder $= 180° = \pi$ sind. Da nun hier $k = \pi$ und $\lambda' = \frac{1}{2}\pi$ ist, so wird der Ausdruck für R des vor. Art. in diesem Falle unbestimmt, und wir müssen uns an den am Ende des Art. 13 gegebenen wenden. Man findet nun sogleich dass der Zähler dieses Ausdrucks im gegenwärtigen Falle

$$= \sqrt{9a^2} = 3a = 2\pi$$

und der Nenner

$$= 2\omega = 4\pi$$

wird. Es ergiebt sich daher

$$R = \frac{1}{2}$$

oder,

»der Schwerpunkt einer Halbkugel ist um den halben Ku-
»gelhalbmesser von dem Pole der Halbkugel entfernt.«

wie bekannt.

17.

Suchen wir ferner den Schwerpunkt des vierten Theils einer Kugeloberfläche. Wir können uns hierunter ein gleichschenkliches, sphärisches Dreieck denken, dessen gleiche Schenkel jeder $= 90° = \frac{1}{2}\pi$ sind, und den Winkel $= \pi$ einschliessen. Die dritte Seite wird hier auch $= \pi$, und die anliegenden Winkel werden jeder $= \frac{1}{2}\pi$ sein. Die Projection des Schwerpunkts kann hier auch ohne Weiteres angegeben werden, denn zieht man einen Bogen grössten Kreises senkrecht vom Winkel, welcher π ist, bis auf die gegenüber liegende Seite, so ist der Halbirungspunkt dieses Kreisbogens nothwendiger Weise die Projection des Schwerpunkts. Fahren wir fort vom oben genannten Winkel auszugehen, so werden

$$a = \pi, \; k = \frac{1}{2}\pi, \; \psi = 0, \; \lambda' = \frac{1}{2}\pi$$

und da hier ferner $2\omega = 2\pi$ ist, so giebt der Ausdruck für R des Art. 15 sogleich

$$R = 1 - \sqrt{\tfrac{1}{2}} = 1 - \cos 45^\circ$$

18.

Suchen wir auch den Schwerpunkt des achten Theils einer Kugeloberfläche, worunter wir uns das gleichseitige, sphärische Dreieck vorstellen wollen, dessen Seiten und Winkel jeder $= \frac{1}{2}\pi$ sind. Es ist nun hier ohne Weiteres erkennbar, dass $\varphi = \varphi' = \frac{1}{4}\pi$, und $k = \frac{1}{2}\pi$ sind. Zufolge des Art. 15 werden daher

$$\chi = 0,\ (a) = \pi\sqrt{\tfrac{1}{2}},\ F = 0,\ \psi = 0, \text{ und}$$
$$\operatorname{tg}\lambda' = \sqrt{2}$$

Zieht man daher von irgend einem Winkelpunkt dieses Dreiecks einen Bogen grössten Kreises an den Halbirungspunkt der gegenüber liegenden Seite, und construirt, vom Winkel ausgehend, auf diesem Bogen den Bogen, dessen Tangente $= \sqrt{2}$ ist,*) so bezeichnet der Endpunkt desselben die Projection des Schwerpunkts des Dreiecks. Da hieraus

$$\cos\lambda' = \sqrt{\tfrac{1}{3}}$$

folgt, und $2\omega = \pi$ ist, so giebt der Art. 15

$$R = 1 - \tfrac{1}{2}\sqrt{3} = 1 - \cos 30^\circ$$

In den drei hier betrachteten Fällen wird also die Entfernung des Schwerpunkts von der Projection desselben auf der Kugeloberfläche bez.

$$= 1 - \cos 60^\circ,\ = 1 - \cos 45^\circ,\ = 1 - \cos 30^\circ$$

oder

$$= 2\sin^2(30^\circ),\ = 2\sin^2(22\tfrac{1}{2}^\circ),\ = 2\sin^2(15^\circ)$$

19.

Es soll endlich auch die Reihenentwickelung der obigen strengen Ausdrücke, unter der Voraussetzung, dass die Dreiecksseiten kleine Grössen erster Ordnung seien, ausgeführt, und bis

*) Ich finde diesen Bogen $= 54^\circ\, 44'\, 8'', 1972\ldots$

auf Grössen siebenter Ordnung fortgesetzt werden. Man geht hiebei am einfachsten von den allgemeinen Integralen des Art. 6 aus, die aber zu diesem Zweck auf eine etwas andere Form gebracht werden müssen. Da allgemein

$$\text{arc}(\cos = x) = \text{arc}\left(\text{tg} = \frac{\sqrt{1-x^2}}{x}\right)$$

ist, so wird

$$\iint x\,d\omega = \tfrac{1}{2}\frac{\sin h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}\,\text{arc}\left(\text{tg} = \frac{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}{\cos k\cos h}\right) - \tfrac{1}{2}h\cos k$$

$$\iint y\,d\omega = -\tfrac{1}{2}\frac{\sin k\cos h}{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}\,\text{arc}\left(\text{tg} = \frac{\sqrt{1-\cos^2 k\cos^2 h}}{\cos k\cos h}\right)$$

und durch Anwendung der Gleichung

$$x = \text{tg}\,x - \tfrac{1}{3}\text{tg}^3 x + \tfrac{1}{5}\text{tg}^5 x \mp \ldots$$

$$\iint x\,d\omega = \frac{1}{2}\frac{\sin h}{\cos k\cos h} - \frac{1}{6}\frac{\sin h}{\cos^3 k\cos^3 h}(1-\cos^2 k\cos^2 h)$$

$$+\frac{1}{10}\frac{\sin h}{\cos^5 k\cos^5 h}(1-\cos^2 k\cos^2 h)^2 - \frac{1}{14}\frac{\sin h}{\cos^7 k\cos^7 h}(1-\cos^2 k\cos^2 h)^3 \pm \ldots$$

$$-\frac{1}{2}h\cos k$$

$$\iint y\,d\omega = -\frac{1}{2}\frac{\sin k}{\cos k} + \frac{1}{6}\frac{\sin k}{\cos^3 k\cos^2 h}(1-\cos^2 k\cos^2 h)$$

$$-\frac{1}{10}\frac{\sin k}{\cos^5 k\cos^4 h}(1-\cos^2 k\cos^2 h)^2 + \frac{1}{14}\frac{\sin k}{\cos^7 k\cos^6 h}(1-\cos^2 k\cos^2 h)^3 \mp \ldots$$

Es wird ferner

$$\iint (1-z)\,d\omega = \frac{1}{2}h\sin k$$

und durch die allgemeine Reihe

$$x = \sin x + \frac{1}{6}\sin^3 x + \ldots$$

$$\iint d\omega = \frac{\sin k\sin h}{1+\cos k\cos h} + \frac{1}{6}\frac{\sin^3 k\sin^3 h}{(1+\cos k\cos h)^3} + \ldots$$

Diese Functionen sind leicht nach den Potenzen und Producten von k und h zu entwickeln. Man erhält

$$\iint x\,d\omega = \frac{1}{3}k^3 h - \frac{1}{90}k^5 h - \frac{1}{45}k^3 h^3$$
$$+ \frac{13}{7560}k^7 h - \frac{13}{1890}k^5 h^3 - \frac{1}{315}k^3 h^5$$

$$\iint y\,d\omega = -\frac{1}{2}k + \frac{1}{6}k h^2 + \frac{1}{45}k^3 h^2 + \frac{1}{90}k h^4$$
$$+ \frac{1}{315}k^5 h^2 - \frac{4}{945}k^3 h^4 + \frac{1}{945}k h^6$$

$$\iint (1-z)\,d\omega = \frac{1}{2}kh - \frac{1}{12}k^3 h + \frac{1}{240}k^5 h$$

$$\iint d\omega \quad = \frac{1}{2}kh + \frac{1}{24}k^3 h + \frac{1}{24}k h^3$$
$$+ \frac{1}{240}k^5 h - \frac{1}{144}k^3 h^3 + \frac{1}{240}k h^5$$

Nimmt man nun diese Integrale von $h = -h'$ bis $h = h$, so werden sie leicht auf die folgende Form gebracht,

$$\xi\omega = \frac{1}{3}k^3(h+h')\Big\{1 - \frac{1}{30}k^2 - \frac{1}{15}(h^2 - hh' + h'^2)$$
$$+ \frac{13}{2520}k^4 - \frac{13}{630}k^2(h^2 - hh' + h'^2)$$
$$- \frac{1}{105}(h^4 - h^3h' + h^2h'^2 - hh'^3 + h'^4)\Big\}$$

$$\eta\,\omega = \frac{1}{6}k(h^2 - h'^2)\Big\{1 + \frac{2}{15}k^2 + \frac{1}{15}(h^2 + h'^2)$$
$$+ \frac{2}{105}k^4 - \frac{8}{315}k^2(h^2 + h'^2)$$
$$+ \frac{2}{315}(h^4 + h^2h'^2 + h'^4)\Big\}$$

$$\zeta\omega = \frac{1}{2}k(h+h')\Big\{1 - \frac{1}{6}k^2 + \frac{1}{120}k^4\Big\}$$

$$\omega = \frac{1}{2}k(h+h')\Big\{1 + \frac{1}{12}k^2 + \frac{1}{12}(h^2 - hh' + h'^2)$$
$$+ \frac{1}{120}k^4 - \frac{1}{72}k^2(h^2 - hh' + h'^2)$$
$$+ \frac{1}{120}(h^4 - h^3h' + h^2h'^2 - hh'^3 + h'^4)\Big\}$$

20.

Wenden wir uns jetzt zur Gleichung des Art. 11 für tg H. Diese giebt zuerst ohne Mühe

$$H = \left(\frac{\eta'}{\xi'}\sin k\right) - \frac{1}{3}\left(\frac{\eta'}{\xi'}\sin k\right)^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{\eta'}{\xi'}\sin k\right)^5$$

oder wenn k statt $\sin k$ eingeführt wird,

$$H = \left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right) - \frac{1}{6}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)k^2 + \frac{1}{120}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)k^4$$
$$- \frac{1}{3}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^3 + \frac{1}{6}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^3 k^2$$
$$+ \frac{1}{5}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^5$$

Die Gleichung für tg λ giebt auf dieselbe Weise

$$\lambda = \frac{\operatorname{tg} k}{\xi'}\sqrt{\xi'^2 + \eta'^2}\left\{1 - \frac{1}{3}\left(1 + \frac{\eta'^2}{\xi'^2}\right)\operatorname{tg}^2 k + \frac{1}{5}\left(1 + \frac{\eta'^2}{\xi'^2}\right)^2 \operatorname{tg}^4 k\right\}$$

oder

$$\lambda = \frac{k}{\xi'}\sqrt{\xi'^2 + \eta'^2}\left\{1 - \frac{1}{3}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^2 + \frac{1}{5}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^4\right.$$
$$\left. + \frac{1}{15}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^2 k^2\right\}$$

und aus der Gleichung für tg λ' erhält man sogleich

$$\lambda' = \frac{1}{\zeta}\sqrt{\xi'^2 + \eta'^2}\left\{1 - \frac{1}{3}\frac{\xi'^2 + \eta'^2}{\zeta'^2} + \frac{1}{5}\left(\frac{\xi'^2 + \eta'^2}{\zeta'^2}\right)^2\right\}$$

Die beiden letzten dieser geben durch die Division

$$\lambda' = \lambda\frac{\xi'}{\zeta' k}\left\{1 - \frac{\xi'^2 + \eta'^2}{\zeta'^2} + \frac{1}{5}\left(\frac{\xi'^2 + \eta'^2}{\zeta'^2}\right)^2\right.$$
$$+ \frac{1}{3}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^2 - \frac{1}{9}\frac{\xi'^2 + \eta'^2}{\zeta'^2}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^2$$
$$\left. - \frac{1}{15}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^2 k^2 - \frac{4}{45}\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^4\right\}$$

in welche die Ausdrücke des vor. Art. für $\xi'\,\omega$, $\eta'\,\omega$, $\zeta'\,\omega$ substituirt werden können, da in den Quotienten ω von selbst verschwindet.

21.

Man bekommt

$$\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right) = \frac{1}{2}(h-h')\Big\{1 + \frac{1}{6}k^2 + \frac{1}{15}(2h^2 - hh' + 2h'^2)$$
$$+ \frac{7}{360}k^4 + \frac{1}{3150}k^2(31h - 107hh' + 31h'^2)$$
$$+ \frac{1}{525}(13h^4 - 12h^3h' + 20h^2h'^2 - 12hh'^3 + 13h'^4)\Big\}$$

$$\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^2 = \frac{1}{4}(h-h')^2\Big\{1 + \frac{1}{3}k^2 + \frac{2}{15}(2h^2 - hh' + 2h'^2)\Big\}$$

$$\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^3 = \frac{1}{8}(h-h')^3\Big\{1 + \frac{1}{2}k^2 + \frac{1}{5}(2h^2 - hh' + 2h'^2)\Big\}$$

$$\left(\frac{\eta'}{\xi'}k\right)^4 = \frac{1}{16}(h-h')^4$$

$$\frac{\xi'}{\zeta'} = \frac{2}{3}k\Big\{1 + \frac{2}{15}k^2 - \frac{1}{15}(h^2 - hh' + h'^2)$$
$$+ \frac{2}{105}k^4 - \frac{2}{63}k^2(h^2 - hh' + h'^2)$$
$$- \frac{1}{105}(h^4 - h^3h' + h^2h'^2 - hh'^3 + h'^4)\Big\}$$

$$\frac{\eta'}{\zeta'} = \frac{1}{3}(h-h')\Big\{1 + \frac{3}{10}k^2 + \frac{1}{15}(h^2 + h'^2)\Big\}$$

$$\frac{\xi'^2 + \eta'^2}{\zeta'^2} = \frac{4}{9}k^2 + \frac{1}{9}(h-h')^2$$
$$+ \frac{16}{135}k^4 + \frac{1}{135}k^2(h^2 - 10hh' + h'^2)$$
$$+ \frac{2}{135}(h^4 - 2h^3h' + 2h^2h'^2 - 2hh'^3 + h'^4)$$

$$\left(\frac{\xi'^2 + \eta'^2}{\zeta'^2}\right)^2 = \frac{16}{81}k^4 + \frac{8}{81}k^2(h-h')^2 + \frac{1}{81}(h-h')^4$$

Setzt man diese in die Reihen des vor. Art. so entstehen

$$H = \frac{1}{2}(h-h')\Big\{1 + \frac{1}{90}(h+h')^2 - \frac{2}{175}k^2(h+h')^2$$
$$+ \frac{11}{8400}(3h^2 + 2hh' + 3h'^2)(h+h')^2\Big\}$$

oder

$$H + h' = \frac{1}{2}(h+h')\left\{1 + \frac{1}{20}(h^2 - h'^2) - \frac{2}{175}k^2(h^2 - h'^2) + \frac{11}{8400}(3h^2 + 2hh' + 3h'^2)(h^2 - h'^2)\right\}$$

Zur Erlangung des Ausdrucks für λ' bekommt man zuerst

$$\lambda' = \frac{\lambda\xi'}{\zeta k}\left\{1 - \frac{4}{27}k^2 + \frac{5}{108}(h-h')^2 + \frac{1}{810}k^2(13h^2 - 10hh' + 13h'^2) + \frac{1}{810}(9h^4 - 17h^3h' + 16h^2h'^2 - 17hh'^3 + 9h'^4)\right\}$$

und hiemit

$$\lambda' = \frac{2}{3}\lambda\left\{1 - \frac{2}{135}k^2 - \frac{1}{540}(11h^2 + 14hh' + 11h'^2) - \frac{2}{2835}k^4 - \frac{2}{567}k^2hh' - \frac{2}{2835}h^2h'^2 + \frac{1}{2835}k^2(h+h')^2 - \frac{1}{11340}(17h^2 - 9hh' + 17h'^2)(h+h')^2\right\}$$

Setzt man jetzt, so wie im »Supplement u. s. w.«

$$H + h' = \frac{1}{2}a(1+x)$$

$$\lambda' = \frac{2}{3}\lambda(1-y)$$

so werden

$$x = \frac{1}{20}(h^2 - h'^2) - \frac{2}{175}k^2(h^2 - h'^2) + \frac{11}{8400}(3h^2 + 2hh' + 3h'^2)(h^2 - h'^2)$$

$$y = \frac{2}{135}k^2 + \frac{1}{540}(11h^2 + 14hh' + 11h'^2) + \frac{2}{2835}(hh' - k^2)^2 + \frac{2}{405}k^2hh' - \frac{1}{2835}k^2(h+h')^2 + \frac{1}{11340}(17h^2 - 9hh' + 17h'^2)(h+h')^2$$

und mit diesen Werthen von x und y wird der Schwerpunkt

des sphärischen Dreiecks nach Maassgabe des im Art. 13 des »Supplements u. s. w.« gegebenen Lehrsatzes construirt.

22.

Um die vorstehenden Reihen durch die Dreiecksseiten a, b, c auszudrücken, ist zu bemerken, dass die beiden rechtwinkligen Dreiecke, deren Seiten darin vorkommen, die Gleichungen

$$\cos c = \cos k \cos h$$
$$\cos b = \cos k \cos h'$$

geben, aus deren Reihenentwickelungen man bis auf Grössen sechster Ordnung

$$h^2 = c^2 - k^2 + \frac{1}{3} k^2 c^2 - \frac{1}{3} k^4$$

$$h'^2 = b^2 - k^2 + \frac{1}{3} k^2 b^2 - \frac{1}{3} k^4$$

erhält. Verbindet man die Summe dieser beiden Gleichungen mit dem Quadrat der Gleichung

$$a = h + h'$$

so ergiebt sich

$$2hh' = 2k^2 + a^2 - b^2 - c^2 + \frac{2}{3} k^4 - \frac{1}{3} k^2 (b^2 + c^2)$$

Durch Multiplication der Gleichungen für h^2 und h'^2 mit einander erhält man

$$h^2 h'^2 = b^2 c^2 - k^2 (b^2 + c^2) + k^4$$

und durch Quadrirung der für $2hh'$

$$4h^2 h'^2 = (a^2 - b^2 - c^2)^2 + 4k^2 (a^2 - b^2 - c^2) + 4k^4$$

Diese beiden Gleichungen geben

$$4k^2 a^2 = 4b^2 c^2 - (a^2 - b^2 - c^2)^2$$

und mit diesen Gleichungen reicht man aus, um aus den Ausdrücken für x und y die Seiten k, h, h' durch a, b, c zu eliminiren. Man erhält

$$x = \frac{1}{20} (c^2 - b^2) \left\{ 1 + \frac{11}{420} (a^2 + 2b^2 + 2c^2) \right\}$$

$$y = \frac{1}{540} (7a^2 + 4b^2 + 4c^2)$$

$$+ \frac{1}{45360} (9a^4 + 32a^2b^2 + 32a^2c^2 + 27b^4 - 22b^2c^2 + 27c^4)$$

oder

$$y = \frac{1}{540}(7a^2 + 4b^2 + 4c^2) + \frac{1}{5040}(a^2 - b^2 - c^2)^2$$

$$+ \frac{5a^2}{4536}(b^2 + c^2) - \frac{1}{22680}(b^4 + c^4) + \frac{1}{2268}(b^2 - c^2)^2$$

23.

Um auch R in eine Reihe zu entwickeln bemerke ich, dass man zu dem Ende für

$$R = 1 - \sqrt{\xi'^2 + \eta'^2 + \zeta'^2}$$

hier schreiben darf

$$R = 1 - \zeta' \left\{ 1 + \frac{\xi'^2 + \eta'^2}{2\zeta'^2} - \frac{1}{2}\left(\frac{\xi'^2 + \eta'^2}{2\zeta'^2}\right)^2 \right\}$$

Substituirt man die oben gegebenen Ausdrücke dieser Functionen, so wird

$$R = \frac{k^2}{36} + \frac{1}{36}(h^2 + hh' + h'^2)$$

$$+ \frac{1}{6480}k^4 - \frac{1}{3240}k^2(2h^2 - 25hh' + 2h'^2)$$

$$+ \frac{1}{6480}(h^2 + hh' + h'^2)^2$$

und nachdem die Dreiecksseiten a, b, c durch die Gleichungen des vor. Art. eingeführt worden sind,

$$R = \frac{1}{72}(a^2 + b^2 + c^2)$$

$$- \frac{1}{25920}(23a^4 - 50a^2b^2 - 50a^2c^2 + 23b^4 - 50b^2c^2 + 23c^4)$$

oder

$$R = \frac{1}{72}(a^2 + b^2 + c^2) + \frac{5}{5184}(a^2 + b^2 + c^2)^2 - \frac{1}{540}(a^4 + b^4 + c^4)$$

symmetrische Ausdrücke, wie nicht anders sein kann.

Die Glieder vierter Ordnung dieser Ausdrücke für x, y, R sind in dem »Supplement u. s. w.« nicht entwickelt worden, vergleicht man aber die vorstehenden Glieder zweiter Ordnung mit den dort erhaltenen, so wird man vollständige Uebereinstimmung finden.

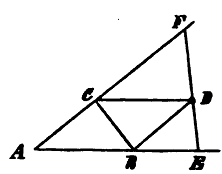
R. Baltzer, *Ueber die Hypothese der Parallelentheorie.*

»Selten vergeht ein Jahr, wo nicht irgend ein neuer Versuch käme, die Lücke im Anfang der Geometrie auszufüllen, ohne dass wir doch sagen könnten, dass wir im Wesentlichen irgend weiter gekommen wären als Euclides vor 2000 Jahren war.« So schrieb *Gauss* 1816 im Eingang einer Bücheranzeige. Der Schluss des vorigen Jahres hat einen Versuch der angegebenen Art gebracht, welcher der Pariser Academie von Herrn *Bertrand* (*Compte rendu* 1869 Dec. 20) unter der Versicherung mitgetheilt worden ist, dass das 11. Axiom des Euclides nun bewiesen und eine von diesem Axiom unabhängige Geometrie ad absurdum geführt sei.

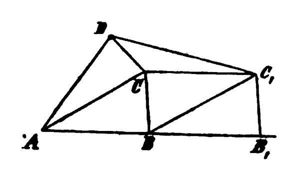
Um diese Versicherung zu würdigen, erinnere man sich, dass seit *Legendre*'s Bemühungen als der eigentliche Sitz der Schwierigkeit die Summe der Winkel eines geradlinigen Dreiecks zu betrachten ist. Nachdem man den Fehler, unendliche Grössen wie vollendete zu behandeln, vermeiden gelernt hatte, nachdem *Legendre* bewiesen hatte, dass die ebengenannte Summe mehr als 180° nicht betragen könne, hatte man noch zu beweisen, dass dieselbe Summe nicht weniger als 180° betragen könne. Zu diesem Beweise führt kurzen Wegs die *Euclid*'sche Hypothese, nach welcher die Schenkel AB und CD sich schneiden, wenn die Summe der Winkel BAC und ACD weniger als 180° beträgt.

Dazu führt zweitens die *Legendre*'sche Hypothese, dass durch einen innerhalb eines Winkels gegebenen Punct eine Gerade gezogen werden kann, von der beide Schenkel des Winkels geschnitten werden. Man mache $CBD \simeq ABC$ und ziehe

durch D eine Gerade, welche die Fortsetzungen von AB und AC in E und F schneidet. Gesetzt, die Winkelsummen in ABC, BED und CDF betragen $180^\circ - w$, $180^\circ - w'$, $180^\circ - w''$, so beträgt die Winkelsumme in AEF $180^\circ - w + 180^\circ - w + 180^\circ - w' + 180^\circ - w'' - 3 \cdot 180^\circ$ d. i. weniger als $180^\circ - 2w$, in einem andern Dreieck weniger als $180^\circ - 4w$, endlich in einem Dreieck weniger als eine gegebene Grösse, während doch das Dreieck den gegebenen Winkel A enthält.



Eben dahin führt folgende Hypothese über die Linie, deren Puncte von einer gegebenen Geraden gleiche Normalabstände haben. Wenn der Winkel BAC ein Theil des Winkels BAD, und der Punct D weiter als die Spitze C von der Basis AB des Dreiecks ABC entfernt ist: so wird angenommen, dass der Winkel ADC im Wachsen bleibt, während die Basis AB des unveränderten Dreiecks ABC auf der Geraden AB in der Richtung von A nach B fortschreitet. Man mache $BB_1C_1 \cong ABC$. Gesetzt, die Winkelsummen in ABC, ACD, CBC_1, CC_1D betragen $180^\circ - w$, $180^\circ - w'$ $180^\circ - w''$, $180^\circ - w'''$, so beträgt die Winkelsumme in $ABCD$ nicht mehr als $2 \cdot 180^\circ - w$, in AB_1C_1D $5 \cdot 180^\circ - 2w - w' - w'' - w''' - 3 \cdot 180^\circ$ d. i. nicht mehr als $2 \cdot 180^\circ - 2w$, in einem andern Viereck nicht mehr als $2 \cdot 180^\circ - 3w$, u. s. w.



Die zuletzt ausgesprochene Hypothese, vermöge deren von dem folgenden Viereck das vorhergehende eingeschlossen wird, liegt dem ähnlichen, nur etwas complicirteren Beweis *Minarelli*'s zu Grunde, welchen Herr *Genocchi* 1849 den *Nouv. Ann. de Math.* *t.* 8 *p.* 312 mitgetheilt hat, sowie dem auf denselben Principien ruhenden noch mehr complicirten Beweis *Carton*'s, welchen Herr *Bertrand* neulich in dem *Compte rendu* vertreten hat. Man hatte nur den Fehler begangen, die erforderliche Hypothese stillschweigend zuzulassen. Dass keine Aussicht vorhanden ist, die Geometrie ohne eine dem 11. Axiom von *Euclides* äquivalente Hypothese zu begründen, diese von *Gauss* gehegte Ueberzeugung findet ihre Bestätigung durch die Existenz einer widerspruchsfreien abstracten Geometrie, welche *Gauss*, *Bolyai*, *Lobatschewsky* unter Zulassung einer Minderzahl von Hypothesen erbaut haben.

R. Baltzer, *Ueber den Ausdruck des Tetraeders durch die Coordinaten der Eckpuncte.*

Der Ausdruck des Tetraeder-Volums durch die Coordinaten der Eckpuncte wurde zuerst von *Lagrange* in der Abhandlung über die Pyramiden durch eine Rechnung gefunden, welche ausserhalb ihres Zusammenhanges etwas umständlich ist. Man gelangt zu demselben Ausdruck mittelst der Gleichung für die Ebene, welche 3 gegebene Puncte enthält, wie *Salmon* Geom. of 3 dimensions 31 gezeigt hat. Derselbe Ausdruck wurde von *Monge* (J. de l'école polyt. Cah. 15 p. 68) durch Berechnung von prismatischen Segmenten abgeleitet, eine Betrachtung, die in *Magnus* Sammlung (anal. Geometrie des Raumes § 14) wiedergegeben worden ist. Eine rein geometrische Ableitung der entsprechenden Formel findet man in *Möbius* Statik § 64; eine algebraische Ableitung, die auf Multiplication von Determinanten beruht, habe ich (Determ. § 15) gegeben; eine andere Ableitung enthält *Hesse's* anal. Geometrie des Raumes (1. Vorlesung). Eine einfache und für die Präliminarien der Raumgeometrie geeignete Ableitung ergiebt sich durch die folgende Betrachtung.

Auch dem Zeichen nach ist $3\ OABC = OAB.\ NC$, wenn NC den Abstand des Punctes C von der Ebene OAB bedeutet. In Bezug auf 3 durch O beliebig gezogene Axen habe A die Coordinaten x_1, y_1, z_1, u. s. w. Durch Projection der aus den Coordinaten von C bestehenden gebrochenen Linie auf die Normale n der Ebene OAB findet man

$$NC = x_3 \cos xn + y_3 \cos yn + z_3 \cos zn\ .$$

Ferner werden die Fläche OAB und ihre Projectionen parallel mit x, y, z auf die Ebenen yz, zx, xy durch p, p_x, p_y, p_z

bezeichnet, die Normalen der Ebenen yz, zx, xy durch x', y', z'. Dann hat der Normalschnitt des Prisma, welches die Fläche OAB parallel mit x auf dieEbene yz projicirt, die Werthe

$$p \cos xn = p_x \cos xx'$$

u. s. w. Nun hat das Parallelepiped, dessen Kanten auf x, y, z positive Einheiten sind, die Werthe

$$\sin yz \cos xx' = \sin zx \cos yy' = \sin xy \cos zz' = \sin xyz$$

folglich ist

$$2p \cos xn = \frac{2p_x}{\sin yz} \sin xyz = \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \\ z_1 & z_2 \end{vmatrix} \sin xyz$$

u. s. w. Durch Vereinigung der 3 Determinanten findet man

$$6\,OABC = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{vmatrix} \sin xyz$$

Wenn man die Geraden, auf denen die Kanten OA, OB, OC liegen, durch f, g, h bezeichnet, so ist

$$6\,OABC = OA.\ OB.\ OC \sin fgh$$

Demnach erhält man unter Voraussetzung eines orthogonalen Systems, bei dem $\sin xyz = 1$, $x_1 = OA \cos xf$, u. s. w. ist, die *Gauss*'sche Gleichung

$$\sin fgh = \begin{vmatrix} \cos xf & \cos xg & \cos xh \\ \cos yf & \cos yg & \cos yh \\ \cos zf & \cos zg & \cos zh \end{vmatrix}$$

ferner durch Multiplication die *Staudt*'sche Gleichung

$$\sin fgh \sin f'g'h' = \begin{vmatrix} \cos xf & \cos xg & \cos xh \\ \cos yf & \cos yg & \cos yh \\ \cos zf & \cos zg & \cos zh \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \cos xf' & \cos xg' & \cos xh' \\ \cos yf' & \cos yg' & \cos yh' \\ \cos zf' & \cos zg' & \cos zh' \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} \cos ff' & \cos fg' & \cos fh' \\ \cos gf' & \cos gg' & \cos gh' \\ \cos hf' & \cos hg' & \cos hh' \end{vmatrix}$$

und durch Vereinigung der beiden Systeme

$$\sin^2 fgh = \begin{vmatrix} 1 & \cos fg & \cos fh \\ \cos fg & 1 & \cos gh \\ \cos fh & \cos gh & 1 \end{vmatrix}$$



SITZUNG AM 2. JUNI 1870.

Hermann Credner, *Ueber die Ursachen der Dimorphie des kohlensauren Kalkes.* Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede Prof. *H. Kolbe.*

Es beruht auf dem das Mineralindividuum vollkommen durchdringenden Wesen des Krystalles, dass mit morphologischer Verschiedenartigkeit ein und derselben Substanz zugleich Verschiedenheit ihrer physikalischen Eigenschaften Hand in Hand geht, so dass trotz Identität ihrer chemischen Zusammensetzung durchaus verschiedene Mineralkörper entstehen. Die als Dimorphie bezeichnete Eigenthümlichkeit, in doppelter Gestalt aufzutreten, ist am kohlensauren Kalke in hohem Grade entwickelt, indem dieser bald als Aragonit, bald als Kalkspath krystallisirt. Beide erweisen sich durch die Verschiedenartigkeit ihrer Krystallform, ihrer Spaltungsrichtungen, ihrer optischen Eigenschaften, ihrer Härte und ihres specifischen Gewichtes, endlich durch ihr ungleiches Verhalten in höherer Temperatur, sowie bei Behandlung mit Säuren als vollkommen verschiedene Mineralspecies.

Was giebt dem kohlensauren Kalke den Impuls zu einer doppelten, durchaus ungleichartigen Ausbildungsweise? Diese Frage schien in den Augen der Mehrzahl der Mineralogen zu einem befriedigenden Abschluss gelangt zu sein, seit *G. Rose* gezeigt hatte, dass die Verschiedenheit der Temperatur seiner Lösung die Ursache sei, welche den kohlensauren Kalk veranlasse, in der Form des Kalkspathes oder des Aragonites zu krystallisiren.

Erhoben sich auch einzelne Stimmen gegen die allgemeine Gültigkeit dieses Satzes, so gerieth doch *Stromeyer*'s ältere An-

sicht, dass der Strontiangehalt der meisten Aragonite in causalem Zusammenhange stände mit der Dimorphie der kohlensauren Kalkerde, neben den Resultaten der Untersuchungen *Rose*'s fast in Vergessenheit. Auch *Becquerel*'s Entdeckung, dass sich unter gewissen Verhältnissen und bei Gegenwart von Gyps auch aus einer kalten Lösung von kohlensaurem Kalke Aragonit ausscheiden könne, wurde trotz der Wichtigkeit, welche sie für die Krystallogenesis hätte erlangen müssen, nicht weiter verfolgt.

Beobachtungen über die Paragenesis des so ausserordentlich flächen- und formenreichen Kalkspathes an vielen Punkten seines Vorkommens überzeugten mich, dass zufällige Beimengungen seiner ursprünglichen Lösung auf den Habitus der resultirenden Krystalle modificirend eingewirkt haben müssen. Die grosse Häufigkeit und die allgemeine Verbreitung des Kalkspathes bedingte die Möglichkeit der manchfachsten Verunreinigungen der Lösung, aus welcher sie entstanden, und somit ihren, je nach den verschiedenen Vorkommen wechselnden Flächen- und Formenreichthum. So lässt sich z. B. aus der Paragenesis der durch die grosse Zahl ihrer Combination ausgezeichneten Kalkspäthe mit Apophyllit, wie sie sich in auffälligster Weise bei Andreasberg und am Lake Superior wiederholt, auf ein Abhängigkeitsverhältniss der Krystallgestalt des Kalkspathes von der Gegenwart gewisser Silicate schliessen. Auf der andern Seite erklärt sich die Seltenheit des reinen Grundrhomboëders des Kalkspathes aus der nur in seltenen Fällen möglichen vollkommenen Reinheit der ursprünglichen Lösung.

Eine natürliche Consequenz derartiger Betrachtungen war die Vermuthung, dass die geringen Beimengungen von Strontian, welche die meisten, und von kohlensaurem Blei, welche manche Aragonite zeigen, — ferner die Paragenesis des Aragonites mit Schwefel und Gyps Andeutungen darüber gäben, woher der Anstoss zur dimorphen Ausbildung des kohlensauren Kalkes erfolgt sei.

Versuche, welche diese Vermuthung entscheiden sollten, wurden in grösserem Massstabe angestellt und ergaben die im Folgendem mitgetheilten Resultate:

Aus kalter Lösung von reinem doppelt kohlensaurem Kalke krystallisirt der kohlensaure Kalk als Kalkspath und zwar in der Form des Grundrhomboëders.

Aus kalter Lösung von doppelt kohlensaurem Kalke mit ge-

ringen Zusätzen von kieselsaurem Natron oder kieselsaurem Kali krystallisirt Kalkspath in rhomboëdrischer Form, meist in Combination mit dem Pinakoide, selten mit Abstumpfungsflächen der Polkanten.

Aus kalter Lösung von doppelt kohlensaurem Kalke mit Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser und einer Spur von salpetersaurem Blei krystallisirt ein Theil des kohlensauren Kalkes als Kalkspath und zwar als Grundrhomboëder, dessen Mittelkanten von einem Skalenoëder, oder dessen Pol- und Mittelkanten von zwei Skalenoëdern zugeschärft werden. Neben dem Kalkspathe werden sehr zahlreiche spiessige Krystalle von Aragonit ausgeschieden.

Aus kalter Lösung von doppelt kohlensaurem Kalke mit geringem Zusatze von ausserordentlich schwacher Lösung von kohlensaurem Blei krystallisirt der kohlensaure Kalk z. Th. in Rhomboëdern von Kalkspath, z. Th. in spiessigen Büscheln von Aragonit.

Aus kalter Lösung von doppelt kohlensaurem Kalke mit geringem Zusatze von Gypswasser bilden sich neben vereinzelten Rhomboëdern von Kalkspath spiessige und nadelförmige Aragonitindividuen, welche z. Th. zu büscheligen Aggregaten zusammentreten.

Aus kalter Lösung von doppelt kohlensaurem Kalke, welcher durch einen Faden stark verdünnte Lösung von doppelt kohlensaurem Strontian langsam zugeführt wird, krystallisirt der kohlensaure Kalk z. Th. als Kalkspath, z. Th. als spiessiger und büscheliger Aragonit aus.

Aus kalter Lösung von doppelt kohlensaurem Kalke mit Zusatz von doppelt kohlensaurem Strontian krystallisirt nur Aragonit in keilförmigen Individuen aus, welche gruppenweise zusammentreten und an welchen sich Flächen des Prismas und des Brachydomas erkennen lassen.

Obige aus Beobachtungen der natürlichen Vorkommen des kohlensauren Kalkes hergeleiteten Versuche ergeben folgende Sätze:

1) Gewisse Zusätze zu den Mineralsolutionen beeinflussen die Krystallgestalt und den Flächenreichthum der resultirenden Mineralindividuen.

2) Ein und dieselbe Mineralsubstanz kann durch gewisse

Zusätze zu ihren Solutionen zur Bildung ganz verschiedener Mineralspecies gezwungen werden.

3) Kohlensaurer Kalk, der aus kalter, reiner Lösung von doppelt kohlensaurem Kalke als Kalkspath krystallisirt, nimmt in Folge geringer Zusätze von kohlensaurem Blei, schwefelsaurem Kalke, oder kohlensaurem Strontian wenigstens zum Theil die Gestalt und Eigenschaften des Aragonit an.

4) Die Verschiedenheit der Temperatur der Lösung ist nicht die einzige Ursache der Dimorphie des kohlensauren Kalkes.

Diese Sätze stehen in Einklang mit der Paragenesis des kohlensauren Kalkes an seinen natürlichen Vorkommen und mögen sich auch auf andere Mineralsubstanzen, vielleicht sogar auf Krystallausscheidungen aus feurig-flüssigen Gemengen anwenden lassen, wie fortgesetzte Untersuchungen darthun werden.

F. Zöllner, *Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne.*

1.

Unter den characteristischen Formen der Protuberanzen [1]), welche gegenwärtig das Spectroskop mit erweitertem Spalt jederzeit zu beobachten gestattet, befindet sich eine nicht unbeträchtliche Anzahl solcher, deren Anblick jedem unbefangenen Beobachter unmittelbar die Ueberzeugung verschafft, dass wir es hier mit gewaltigen Eruptionen von glühenden Wasserstoffmassen zu thun haben.

Ohne das Gebiet bekannter Analogien und damit die Bedingung für die Erklärbarkeit kosmischer Phänomene zu verlassen, ist es nicht wohl möglich, eine andere Ursache dieser

1) Die Formen der Protuberanzen lassen sich in zwei characteristische Gruppen theilen, in die dampf- oder wolkenförmigen und in die eruptiven Gebilde. Das Vorherrschen des einen oder anderen Typus scheint theils an locale Verhältnisse auf der Sonnenoberfläche, theils an die Zeit gebunden zu sein, so dass zu gewissen Zeiten der eine, zu anderen Zeiten der andere Typus der vorherrschende sein kann. Dass die wolkenförmigen Gebilde so lebhaft an die Formen irdischer Wolken und Dämpfe erinnern, erklärt sich leicht, wenn man berücksichtigt, dass die Formen unserer Wolken nicht durch die in ihnen suspendirten Wasserbläschen, sondern wesentlich nur durch die Art und Weise der Ausbreitung verschieden erwärmter und bewegter Luftmassen bedingt sein können. Die Wasserdampfbläschen bilden bei irdischen Wolken nur das Material, durch welches uns die erwähnte Verschiedenheit der Luftmassen sichtbar gemacht wird. Bei den Wolken der Protuberanzen wird diese Sichtbarkeit durch die Gluth der leuchtenden Wasserstoffmassen vermittelt.

Eruptionen als die Druckdifferenz des ausströmenden Gases im Innern und an der Oberfläche der Sonne anzunehmen. Die Möglichkeit einer solchen Druckdifferenz setzt aber nothwendig das Vorhandensein einer Trennungsschicht zwischen den inneren und äusseren Wasserstoffmassen voraus, von denen die letzteren bekanntlich einen wesentlichen Theil der Sonnenatmosphäre bilden.

Die Annahme einer solchen Trennungsschicht ist beim ersten Anblick der erwähnten Protuberanzphänomene eine so zwingende, dass sie sich selbst solchen Beobachtern als unabweisbar aufdrängt, welche es, wie *Respighi*, nicht für unwahrscheinlich halten, dass electrische Kräfte die Ursache so bedeutender Eruptionserscheinungen sein könnten.

Bleiben wir aber bei der einfacheren und deshalb natürlicheren Annahme der Druckdifferenz stehen, so haben wir es mit einer Erscheinung zu thun, die uns durch Anwendung der mechanischen Theorie der Wärme und Gase auf dieselbe sehr wichtige Aufschlüsse über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne zu liefern im Stande ist.

Die Fruchtbarkeit dieser Betrachtungsweise darzulegen, ist der wesentliche Zweck vorliegender Abhandlung. —

Bei vollkommenen Gasen folgert die mechanische Theorie aus ihren Prämissen:

erstens, das Gesetz von *Mariotte* und *Gay-Lussac*,

zweitens, die Constanz des Verhältnisses der specifischen Wärmen bei constantem Volumen und constantem Druck.

Diese Constante, durch die bekannten Methoden für ein bestimmtes Gas ermittelt, muss demgemäss vom Standpunkte der mechanischen Theorie der Gase in ähnlicher Weise wie das Atomgewicht eines Körpers als unveränderlich betrachtet werden, und darf durchaus nicht in die Kategorie anderer empirischer Constanten, wie z. B. das Leitungsvermögen der Körper für Wärme, oder die Ausdehnungscoëfficienten fester und flüssiger Körper u. dgl. m. gestellt werden. Diese Constanten haben nur Gültigkeit innerhalb derjenigen Grenzen, für welche sie durch Beobachtungen ermittelt sind, und verlieren, weit über jene Grenzen hinaus angewandt, ihre Bedeutung.

Unter dieser Voraussetzung betrachte ich die

eruptiven Protuberanzgebilde als ein Phänomen der Ausströmung eines Gases aus einem Raume in einen andern, wobei der Druck während der Ausströmung in beiden Räumen als constant und weder eine Mittheilung noch Entziehung von Wärme angenommen wird.

Es bezeichne:

A das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit,
v die Geschwindigkeit der Ausströmung des Gases in der Ebene der Oeffnung,
g die Intensität der Schwere auf der Sonne,
$\varkappa$ das Verhältniss der specifischen Wärmen des Gases bei constantem Druck und constantem Volumen,
c die specifische Wärme des Gases bei constantem Volumen bezogen auf ein gleiches Gewicht Wasser,
t_i die absolute Temperatur des Gases im innern Raume, aus welchem die Ausströmung erfolgt,
t_a die absolute Temperatur des ausströmenden Gases in der Ebene der Ausströmungsöffnung,
p_i den Druck des Gases im innern Raume,
p_a den Druck in der Ebene der Ausströmungsöffnung,

Nach der mechanischen Wärmetheorie finden dann unter den gemachten Annahmen zwischen diesen neun Grössen die folgenden beiden Relationen [1]) statt:

$$A\frac{v^2}{2g} = \varkappa c\,(t_i - t_a)\ \ldots\ldots\ (1)$$

$$\frac{t_i}{t_a} = \left(\frac{p_i}{p_a}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}\ \ldots\ldots\ (2)$$

Es bezeichne ferner:

a_1 den mittleren Barometerstand in Metern Quecksilber,
ϱ die Dichtigkeit des betrachteten Gases bei der Temperatur des schmelzenden Eises und unter dem Drucke der Quecksilbersäule a_1 an der Erdoberfläche,
σ die Dichtigkeit des im innern Raume unter dem Drucke p_i und der absoluten Temperatur t_i befindlichen Gases.
α den Ausdehnungscoëfficienten des Gases für 1° C.

---

1) *Zeuner*, Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie. 2. Aufl. 1866. p. 165 ff.

In Folge des *Mariotte-* und *Gay-Lussac*'schen Gesetzes hat man alsdann noch folgende Relation:

$$\sigma = \frac{\varrho}{a_1\,\alpha} \cdot \frac{p_i}{t_i} \;\ldots\ldots\; (3)$$

Der Druck p_a in der Ebene der Ausströmungsöffnung mag bei den zu Grunde gelegten Annahmen als übereinstimmend mit demjenigen Drucke betrachtet werden, welchen die Atmosphäre der Sonne im Niveau der oben erwähnten Trennungsschicht, d. h. an ihrer Basis ausübt.

Bezeichnet hierbei:

p_a den Druck an der Basis der Atmosphäre,
h eine gewisse Höhe über der Basis,
p_h den Druck in dieser Höhe,
t die überall wegen mangelnder Kenntniss des Temperaturgesetzes als constant vorausgesetzte absolute Temperatur in der Atmosphäre,
g die Schwerkraft der Sonne an der Basis der Atmosphäre,
r den Radius der Trennungsschicht,
ϱ_1 das specifische Gewicht des Quecksilbers bei der Temperatur des schmelzenden Eises,
g_1 die Intensität der Schwere an der Erdoberfläche,
a_1 den mittleren Barometerstand,
ϱ die Dichtigkeit des die Atmosphäre bildenden Gases bei der Temperatur des schmelzenden Eises und unter dem Einflusse der Grössen g_1 und a_1,

so hat man nach einer bekannten Ableitung die folgende Beziehung:

$$log.\ nat. \left(\frac{p_a}{p_h}\right) = \frac{\varrho g r h}{\varrho_1 g_1 a_1 \alpha t (r+h)} \;\ldots\ldots\; (4)$$

Um diese Gleichung mit den drei vorhandenen in Verbindung zu setzen, muss eine doppelte Annahme gemacht werden:

erstens, dass der wesentliche Bestandtheil der Sonnenatmosphäre, welcher den Druck p_a hervorbringt, aus demselben Gase bestehe, welches dem Innern der Sonne bei den eruptiven Protuberanzgebilden entströmt,

zweitens, dass die absolute Temperatur t der Atmosphäre wesentlich als übereinstimmend mit der absoluten Temperatur t_a im Niveau der Oeffnung bei der Ausströmung betrachtet werden kann.

Die Zulässigkeit der ersten Annahme betrachte ich mit Rücksicht auf den Zweck der vorliegenden Abhandlung als hinreichend durch die Beobachtungen gerechtfertigt, indem durch die Entdeckung der sogenannten Chromosphäre der Beweis geliefert ist, dass in der That die ganze Oberfläche der Sonne von einer sehr beträchtlichen Wasserstoffatmosphäre eingehüllt ist.

Die Berechtigung der zweiten Annahme folgere ich aus der im Allgemeinen nicht wesentlich von der Chromosphäre verschiedenen Helligkeit der Basis aller eruptiven Protuberanzgebilde. Berücksichtigt man hierbei, dass die constante Mitteltemperatur t in Formel (4), welche bei der Unkenntniss des Gesetzes der Temperaturabnahme für die mit der Höhe h sinkenden Temperaturen substituirt wird, offenbar einer der Basis nahe gelegenen Schicht entsprechen muss [1]), so wird hierdurch gleichzeitig diese Temperatur derjenigen genähert, welche der äusseren Oberfläche der Trennungsschicht angehört.

Zufolge der ersten Annahme wird die Grösse ϱ in Formel (4) identisch mit der analogen in (3) und zufolge der zweiten Annahme wird

$$t = t_a$$

2.

Nachdem im Vorhergehenden die theoretischen Grundlagen und wesentlichsten Voraussetzungen entwickelt sind, unter denen die in Rede stehenden Phänomene an der Oberfläche der Sonne behandelt werden sollen, mag nun zunächst eine mehr

---

1) Mit Rücksicht auf die nach der Basis zunehmende Dichtigkeit der Luftschichten muss unabhängig vom besonderen Gesetz der Temperaturabnahme die in Formel (4) eingeführte Temperatur stets mit der Temperatur einer Schicht übereinstimmen, welche tiefer liegt als $\frac{h}{2}$. Dieser Unterschied, welcher, wie eine einfache Rechnung zeigt, im Allgemeinen ein sehr beträchtlicher ist, scheint mir bei den barometrischen Höhenbestimmungen, wo bekanntlich stets die Mitteltemperatur der beiden Stationen benutzt wird, gänzlich vernachlässigt zu werden und dieser Umstand in einfacher Weise gewisse in neuerer Zeit urgirte Periodicitätserscheinungen zu erklären.

dem vorliegenden Zweck entsprechende Umformung und Vereinfachung der obigen Gleichungen folgen.

Bezeichnet H die Höhe, bis zu welcher ein Körper mit der Anfangsgeschwindigkeit v an der Oberfläche der Sonne senkrecht emporgeschleudert wird, so ist, mit Berücksichtigung der Abnahme der Schwere:

$$v^2 = 2gH\frac{r}{r+H}$$

oder

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{rH}{r+H}$$

Dieser Werth für $\frac{v^2}{2g}$ in Gl. (1) substituirt, giebt:

$$t_i = \frac{rHA}{\varkappa c(r+H)} + t_a$$

oder wenn man

$\frac{rHA}{\varkappa c(r+A)} = a$ und unserer Annahme gemäss $t_a = t$ setzt,

so erhält man für Gl. (1) die folgende:

$$t_i = a + t \qquad \text{(I)}$$

Man setze ferner:

$$\frac{\varkappa - 1}{\varkappa} = \frac{1}{q}$$

$$\frac{\varrho}{a_1 \alpha} = b$$

$$\frac{g}{g_1 \varrho_1} = m$$

so verwandeln sich die Gleichungen 2, 3, 4 in die folgenden:

$$\frac{t_i}{t} = \left(\frac{p_i}{p_a}\right)^{\frac{1}{q}} \qquad \text{(II)}$$

$$\sigma = b\frac{p_i}{t_i} \qquad \text{(III)}$$

$$p_a = p_h e^{bm\frac{rh}{(r+h)t}} \qquad \text{(IV)}$$

Durch Elimination ergiebt sich aus diesen 4 Gleichungen noch die folgende:

$$\sigma = \frac{bp_h}{a+t}\left(\frac{a+t}{t}\right)^q e^{bm\frac{rh}{(r+h)t}} \qquad \text{(V)}$$

Diese Gleichung drückt demnach die Dichtigkeit σ der comprimirten Gasmasse nur als Function der drei Grössen p_h, h und t aus; wenn also unter den gemachten Annahmen drei der vier betrachteten Grössen durch Beobachtungen bestimmt oder an gewisse Grenzen geknüpft werden können, so ist hierdurch die vierte bestimmt. Es lassen sich nun aber in der That theils durch spectroskopische, theils durch andere Beobachtungen für die Grössen σ, p_h und h bestimmte Grenzwerthe ermitteln, so dass hierdurch auch eine Grenze für t, d. h. für die Temperatur der äusseren Wasserstoffatmosphäre in der Nähe der glühendflüssigen Trennungsschicht gewonnen wird. Dieser Werth in Gl. I substituirt, giebt dann bei bekanntem Werth von H sofort auch einen Werth für die innere Temperatur t_i, und ebenso leicht erhält man aus (III) und (IV) bestimmte Werthe für p_i und p_a.

3.

Indem ich nun zur Discussion numerischer Werthe übergehe, beginne ich mit Formel I.

Der niedrigste Werth, welchen man t beilegen kann, ist offenbar 0. Hierdurch erhält man für die innere Temperatur t_i den Minimalwerth

$$t_i = a = \frac{rHA}{\varkappa c(r+H)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Mit Rücksicht auf die schon in mässigem Abstande von der Sonnenoberfläche fast verschwindende Dichtigkeit der Atmosphäre und den dadurch bedingten geringen Widerstand mag es der Einfachheit halber gestattet sein, den Werth von H gleich der mittleren Höhe der Eruptionsprotuberanzen zu setzen. Eine genauere Discussion der Bedingungen, unter welchen man hierzu berechtigt ist, folgt weiter unten.

Es giebt nicht selten Protuberanzen von 3 Minuten Höhe; um jedoch möglichst den Grenzen einer mittleren Werthbestimmung nahe zu bleiben, will ich H nur zu 1.5 Minuten annehmen.

Das Wärmeäquivalent A setze ich unter Annahme des Meters und des Centesimalgrades als Einheiten gleich $\frac{1}{424}$. Das Product $\varkappa c$ wird nach den neueren Arbeiten *Regnault's* [1]) für Wasserstoff zu 3.409 angenommen. Nach *Dulong* [2]) ist der Werth von $\varkappa$ für Wasserstoff gleich 1.411.

Eine etwas eingehendere Discussion erfordert der numerische Werth von *r*. Es ist dies nach dem Früheren der Radius der Trennungsschicht, aus welcher die Protuberanzen hervorbrechen. Hier entsteht nun die Frage, ob dieser Werth mit dem des Sonnenradius übereinstimmt, d. h. ob jene Trennungsschicht mit der zu unseren Messungen benutzten Grenze der leuchtenden Sonnenscheibe zusammenfällt oder nicht.

Die neueren Untersuchungen von *Frankland* und *Lockyer*, *Sainte-Claire-Deville* und *Wüllner* haben bewiesen, dass das discontinuirliche Spectrum des Wasserstoffs und anderer Gase durch Steigerung des Druckes in ein hell leuchtendes continuirliches verwandelt werden kann, wobei die hellen Linien des discontinuirlichen Spectrums bei allmälig zunehmendem Drucke sehr characteristische Veränderungen durchlaufen, die im Wesentlichen, wie z. B. bei der Linie H_β, in einer Verbreiterung und wachsenden Unbestimmtheit der Begrenzung bestehen.

Diese Veränderungen gestatten innerhalb gewisser Grenzen auf die Grösse des Druckes an der fraglichen Stelle zu schliessen und *Frankland* und *Lockyer* haben bereits solche Schlüsse gewagt. Sie kommen zu dem Resultat, »*that the lower surface of the chromosphere itself the pressure is very far below the pressure of the earth's atmosphere*[3]).

Die Untersuchungen *Wüllner*'s[4]) gestatten sogar, wie ich glaube, die Annahme, dass der Druck an der Basis der Chromosphäre oder am äussersten Rande der leuchtenden Sonnenscheibe zwischen 50^{mm} und 500^{mm} eines Quecksilberbarometers an der Erdoberfläche liegen muss[5]).

Demgemäss nöthigt die Anwesenheit der dunklen Linien im Sonnenspectrum auf continuirlichem Grunde nicht mehr zu der Annahme, dass dieses continuirliche Spectrum durch das Glühen eines festen oder flüssigen Körpers erzeugt werde, sondern man kann mit demselben Rechte das continuirliche Spectrum als ein

---

1) Vgl. *Poggendorff*'s Annalen Bd. LXXXIX.

2) Annales de chim. et de phys. T. XLI.

3) Proceedings of the Royal Society. Vol. XVII. Nr. 109. p. 288—291.

4) *Poggendorff*'s Annalen. Bd. CXXXVII. p. 336—364.

5) Vergl. l. c. p. 340 u. 343.

durch das Glühen eines stärker comprimirten Gases entstandenes betrachten.

Wüllner hat dies sogar für die Natriumlinie experimentell bestätigt, indem er gelegentlich der angeführten Untersuchungen bemerkt:

»Bei 1230 mm Druck tritt das Maximum bei H_α noch weiter zurück, das ganze Spectrum ist wahrhaft blendend, es zeigt die Natriumlinien als schöne dunkle Linien [1]), so dass also auch das Licht des Wasserstoffgases intensiv genug ist, um in einer Atmosphäre von Natriumdampf eine *Fraunhofer*'sche Linie zu erzeugen, ein Beweis, dass dazu nicht das Licht eines glühenden festen Körpers erforderlich ist.«

Hieraus folgt, dass der Halbmesser der sichtbaren Sonnenscheibe nicht mit demjenigen der supponirten Trennungsschicht als identisch betrachtet zu werden braucht, sondern dass letztere wahrscheinlich als unterhalb derjenigen Schicht liegend angesehen werden muss, wo durch gesteigerten Druck das Spectrum der Wasserstoffatmosphäre continuirlich wird. Diese Betrachtungsweise wird wesentlich gestützt, wenn man die Erscheinungen der Sonnenflecken berücksichtigt.

Wie verschiedenartig auch gegenwärtig noch die theoretischen Ansichten über die Natur der Sonnenflecke sein mögen, fast alle Beobachter stimmen im Wesentlichen darin überein, dass die Kerne der Flecken tiefer als die Umgebung liegen müssen [2]). Diese Tiefe wird theils directen (*de la Rue*, *Steward*, *Loewy*), theils indirecten Beobachtungen zufolge (*Faye*) zu ungefähr 8″ angenommen [3]).

Betrachtet man daher die Kerne der Sonnenflecken als schlackenartige, locale Abkühlungsproducte auf einer glühend-

---

1) In Folge der hoch gesteigerten Temperatur der Röhre verdampft aus dem Glase Natrium. Bei 1000 mm Druck zeigen sich die Natriumlinien noch hell (l. c. p. 345).

2) *Spörer* dagegen sagt: »Wir betrachten die Flecke als wolkenartige Gebilde entfernt oberhalb der hellen Fläche des Sonnenkörpers. Der Hof (penumbra) ist nichts anderes als eine Gesammtheit kleiner Flecke, deren Zwischenräume die helle Fläche durchblicken lassen, oberhalb welcher der Fleck sich befindet.« Vrgl. *Poggendorff*'s Annalen Bd. CXXVIII (1866). p. 270.

3) *Faye* findet aus Berechnung der Beobachtungen von *Carrington* diese Tiefe zu 0.005—0.009 des Sonnenradius. Comptes rendus LXI. 1082—1090.

flüssigen Oberfläche, und die Penumbren als Condensationswolken, welche in einer gewissen Höhe die Küsten jener Schlackeninseln umkränzen[1]), so empfiehlt sich als einfachste Annahme die, dass jene von dieser Theorie nothwendig geforderte flüssige Oberfläche identisch sei mit der Oberfläche der in Rede stehenden Trennungsschicht, aus welcher die Protuberanzen hervorbrechen. Der Radius r dieser Oberfläche würde also, mit R den beobachteten Sonnenhalbmesser in Secunden bezeichnet, annähernd sein

$$r = R - 8''$$

oder R in mittlerer Entfernung der Sonne zu 16′ angenommen:

$$r = 15' 52''$$

Nimmt man die mittlere Parallaxe der Sonne nach *Hansen* zu 8″.915 an, so ergiebt sich

$$r = 680\,930\,000 \text{ Meter}$$

folglich:

$$8'' = 5\,722\,500 \text{ »}$$

Wir haben demnach zur numerischen Bestimmung der absoluten Minimaltemperatur in demjenigen Raume, aus welchem eine Eruption von 1.5 Minuten Höhe hervorbricht, die folgenden Werthe in Formel (5) einzuführen:

$$r = 680\,930\,000$$

$$H = 64\,370\,000$$

$$A = \frac{1}{424}$$

$$\varkappa c = 3.309$$

Man findet alsdann

$$t_i = 40\,690^0$$

Setzt man für H einen doppelt so grossen Werth, nimmt also

---

1) Diese Theorie habe ich vor 5 Jahren in meinen Photom. Untersuchungen p. 245 angedeutet, und im vorigen Jahre in der Vierteljahrsschrift der Astr. Ges. IV. Jahrgang Heft 3 p. 172 ff. etwas ausführlicher entwickelt. Eine tiefer gehende Begründung derselben durch Erklärung aller bis jetzt entdeckten spectralanalytischen Beobachtungen an Sonnenflecken behalte ich einer demnächst erscheinenden ausführlicheren Schrift vor.

die nicht selten beobachtete Eruptionshöhe von 3 Minuten an, so ergiebt sich als Minimalwerth

$$t_i = 74\,910^0$$

Es entsteht jedoch hierbei die Frage, ob wir überhaupt berechtigt sind, die Extreme beobachteter Protuberanzhöhen ohne Weiteres als Werthe von H in unsere Formeln einzuführen, in denen H die Höhe bedeutet, bis zu welcher ein von der Oberfläche der Sonne emporgeschleuderter Körper ohne Widerstand steigen würde. Wenn man es in der That, wie die Beobachtung unwiderleglich beweist, mit emporsteigenden, glühenden Wasserstoffmassen zu thun hat, so kann dieses Emporsteigen auch vermöge des *Archimedes*'schen Princips stattfinden, ähnlich den aus einer Esse emporsteigenden erhitzten, und dadurch specifisch leichter als ihre Umgebung gemachten Luftmassen. Es ist jedoch leicht ersichtlich, dass beide Bewegungsursachen bezüglich der Zeit, in welcher die bewegten Massen eine bestimmte Höhe erreichen, sehr wesentlich verschieden sind. Ohne hier auf diesen Umstand specieller einzugehen, ist es klar, dass die Zeit, welche eine Protuberanz braucht, um vermöge des *Archimedes*'schen Princips eine bestimmte Höhe H zu erreichen, unter allen Umständen grösser sein muss, als die von einem mit einer gewissen Anfangsgeschwindigkeit ohne Widerstand bis zur gleichen Höhe H emporgeschleuderten Körper gebrauchte Zeit.

Es wird demnach eine möglichst genaue Beobachtung der Zeit, welche eine emporsteigende Protuberanz gebraucht, um eine gewisse Höhe zu erreichen, ein Kriterium bilden, ob wir diese Höhe als Wirkung der ersten Ursache zu betrachten haben oder nicht, und nur im ersten Falle darf jene Höhe als integrirender Bestandtheil der obigen Formeln benutzt werden.

Der gemachten Annahme zufolge liegt die Ausströmungsöffnung der Protuberanzen in der glühend-flüssigen Trennungsschicht in einer Tiefe $h = 8''$ unter der sichtbaren Grenze der Sonnenscheibe. Mit H wurde oben die Höhe einer Protuberanz, von der Ebene der Ausströmungsöffnung an gerechnet, bezeichnet.

Es bezeichne nun:

τ die Zeit, welche die Protuberanz gebraucht, um von der Mündung bis zur Höhe H zu gelangen,

τ_1 die Zeit, welche die Protuberanz gebraucht, um von der Höhe h, d. i. von der äusseren Grenze der Photosphäre, bis zur Höhe H zu gelangen,

v die Geschwindigkeit in der Ausströmungsöffnung,

v_1 die Geschwindigkeit in der Höhe h.

Unter Voraussetzung der ersten Ursache und mit Vernachlässigung der Abnahme der Intensität der Schwere (g) hat man die folgenden Gleichungen:

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{g}} \qquad \tau_1 = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

$$v = \sqrt{2gH} \qquad v_1 = \sqrt{2g(H-h)}$$

Setzt man:

$$H = 64\,370\,000^{m}$$
$$h = 5\,722\,600^{m}$$
$$g = 274.3^{m}$$

so ergiebt sich:

$$\tau = 11^{\text{min.}}\ 25^{\text{sec.}} \qquad \tau_1 = 10^{\text{min.}}\ 54^{\text{sec.}}$$

$$v = 187\,900^{m} = 25.32 \text{ geogr. Meilen}$$
$$v_1 = 179\,400^{m} = 24.17 \quad » \quad »$$

Beobachten wir daher bei einer Protuberanz eine Geschwindigkeit des Aufsteigens von der angegebenen Grösse, so sind wir berechtigt, die nach der obigen Zeit erlangte Höhe der Protuberanz in unseren Gleichungen zu verwerthen. Ich habe eine solche Schnelligkeit der Entwickelung öfter beobachtet und erlaube mir hier die Zeichnung einer Protuberanz vorzulegen, bei welcher die beobachtete Geschwindigkeit des Emporsteigens sehr gut mit der oben gefundenen Grösse übereinstimmte. (Vgl. Fig. 1 u. 2. Taf. 1.)

Was die enormen Anfangsgeschwindigkeiten der Bewegung betrifft, so gelangt *Lockyer* durch seine schönen Beobachtungen der Aenderung der Brechbarkeit des Lichts auf ganz directem Wege zu Grössen von genau derselben Ordnung.

Während der kurzen Zeit dieser Gattung von Beobachtungen hat *Lockyer*[1]) als Maximalwerthe für die Geschwindigkeiten vertical oder horizontal bewegter Gasströme in der Chromosphäre

1) Proceed. of the R. S. Nr. 115 (1869) u. Comptes rendus T. 69 p. 123.

40 und 120 engl. Meilen in der Secunde gefunden. Die obigen Werthe in englischen Meilen ausgedrückt, geben aber:

$$v = 123.1 \text{ engl. M.} \quad v_1 = 117.7 \text{ engl. M.}$$

und stimmen daher mit den Werthen *Lockyer*'s überein.

Nach der mechanischen Wärmetheorie setzen nun solche Bewegungsgrössen beim Wasserstoff mit Nothwendigkeit Temperaturdifferenzen von 40690° C. voraus. Die Temperatur selber werden wir demnach ermitteln können, wenn es uns gelingt, die Temperatur t der äusseren Wasserstoffatmosphäre an eine gewisse Grenze zu knüpfen. Weshalb diese Temperatur als annähernd übereinstimmend mit der Temperatur in der Nähe der Ausströmungsöffnung angenommen wird, ist bereits oben erörtert worden (vgl. p. 107).

4.

Ein Grenzwerth für t ergiebt sich nun aus der Discussion der Gl. V.

Diese Gl. ist:

$$\sigma = \frac{bp_h}{a+t}\left(\frac{a+t}{t}\right)^q e^{bm\frac{rh}{(r+h)t}}$$

Es wird hierin die Dichtigkeit σ der eingeschlossenen Gasmasse als Function der drei Grössen p_h, h und t ausgedrückt. Ich werde nun zeigen, dass der Werth von σ einen bestimmten Werth nicht überschreiten darf, wodurch indirect der Werth von t (indem die Grössen p_h und h zufolge der bereits mitgetheilten Beobachtungen innerhalb gewisser Grenzen bestimmt sind,) ebenfalls an eine bestimmte Grenze gebunden ist.

Es wurde schon früher hervorgehoben, dass die Erklärung der eruptiven Protuberanzgebilde nothwendig die Existenz einer Trennungsschicht voraussetzt, welche den Raum, aus welchem die Eruptionen stattfinden, von demjenigen trennt, in welchen sie sich ergiessen. Nur durch eine solche Trennungsschicht sind die hier erforderlichen Druckdifferenzen ermöglicht.

In Betreff der physikalischen Beschaffenheit der Trennungsschicht muss ferner nothwendig die Annahme gemacht werden, dass dieselbe aus einer Substanz in einem anderen als dem gasförmigen Aggregatzustande bestehe. Sie kann daher nur fest oder flüssig sein. Schliessen wir den festen Aggregatzustand

mit Rücksicht auf die hohe Temperatur aus, so bleibt nur die Annahme übrig, dass die Trennungsschicht aus einer glühenden Flüssigkeit bestehe.

Bezüglich der von jener Schicht begrenzten inneren Wasserstoffmassen scheinen bei oberflächlicher Betrachtung zwei Annahmen möglich, nämlich:

1. Das ganze Innere der Sonne ist von glühendem Wasserstoffgase erfüllt, diese selbst also gleichsam eine grosse Wasserstoffblase, begrenzt von einer glühendflüssigen Hülle.

2. Die bei den Eruptionen hervorbrechenden Wasserstoffmassen sind locale Ansammlungen in blasenartigen Hohlräumen, welche sich in den an der Oberfläche gelegenen Schichten einer glühendflüssigen Masse bilden und ihre äussere Begrenzung durch wachsende Spannung des eingeschlossenen Gases durchbrechen.

Bei der ersten Annahme würde nur dann ein stabiles Gleichgewicht stattfinden können, wenn das spec. Gewicht der flüssigen Grenzschicht geringer ist, als dasjenige der sie nach Innen begrenzenden, also unmittelbar unter ihr liegenden Gasschicht[1]. Da aber die Dichtigkeit einer Gaskugel, deren Theilchen dem *Newton*'schen und *Mariotte*'schen Gesetze unterworfen sind, von Aussen nach Innen wächst, so muss das specifische Gewicht jener Grenzschicht nothwendig kleiner als das mittlere specifische Gewicht der Sonne sein; setzt man aber für das spec. Gewicht jener flüssigen Grenzschicht als oberste Grenze das mittlere spec. Gewicht der Sonne, so würde dieser Werth gleichzeitig die Annahme involviren, dass alle tieferen Schichten, also auch die zunächst darunter befindliche Gasschicht, dasselbe spec. Gewicht hätten.

Dann würde aber das Innere der Sonne nicht mehr aus einem Gase, sondern aus einer incompressiblen Flüssigkeit bestehen müssen. Alle diese Eigenschaften sind, wie man sieht,

---

[1] Man darf hiergegen nicht das Phänomen der Blasenbildung anführen, denn eine nur oberflächliche Betrachtung zeigt, dass hier ganz andere Verhältnisse obwalten, indem die begrenzende Haut durch Molecularkräfte der Spannung der eingeschlossenen Luftmasse das Gleichgewicht hält und die gravitirende Wirkung der Theilchen gegeneinander verschwindet. In dem oben betrachteten Falle ist das Verhältniss gerade das umgekehrte: die Molecularwirkung des Stoffes ist verschwindend gegenüber der gravitirenden Wirkung der Masse.

eine nothwendige Consequenz der Annahme, dass das spec. Gewicht σ der comprimirten und bei Eruptionsprotuberanzen hervorbrechenden Gasmasse seinen Maximalwerth erreicht, nämlich den des mittleren specifischen Gewichtes der Sonne.

Für diesen Fall verwandelt sich dann aber auch die erste Annahme in die zweite, nämlich in diejenige, dass die Sonne aus einer incompressiblen Flüssigkeit bestehe, in welcher in der Nähe der Oberfläche locale Ansammlungen von glühenden Wasserstoffmassen stattfinden, die aus blasenartigen Hohlräumen bei entsprechenden Druckdifferenzen als Eruptionsprotuberanzen hervorbrechen.

Wie klein auch diese Hohlräume in speciellen Fällen vorausgesetzt werden mögen, das spec. Gewicht der eingeschlossenen Gasmassen darf nicht grösser als dasjenige der einschliessenden Flüssigkeit angenommen werden, weil sonst die comprimirten Gasmassen zufolge des *Archimedes*'schen Princips in's Innere der Sonne hinabsinken müssten.

Das spec. Gewicht der Sonne ist mit Benutzung der neueren Werthe

1.46.

Setzt man für σ diesen Werth und für a (in Formel V) den oben gefundenen Werth 40 690, ebenso für h den Werth von 8″ in Metern, so ergeben sich für die oben angegebenen Grenzwerthe von $p_\lambda = 0.500^m$ und $p_\lambda = 0.050^m$. Die folgenden Werthe von t:

für $p_\lambda = 0.500^m$ $t = 29\,500^0$
für $p_\lambda = 0.050^m$ $t = 26\,000^0$

also im Mittel: $t = 27700^0$.

Differenzirt man die Gl. (5) nach t, so wird der Differentialquotient $\frac{d\sigma}{dt}$ negativ, d. h. für steigende Werthe von t nimmt σ ab. Hieraus folgt, dass die oben für t gefundenen Werthe ebenfalls Minimalwerthe sind.

Mit dem gefundenen Mittelwerthe von t für die Temperatur der Sonnenatmosphäre ergiebt sich für p_λ der Werth von 0.180^m. Diese Werthe werden bei den folgenden Berechnungen zu Grunde gelegt.

Bei den hohen Zahlen für die erlangten Temperaturwerthe

mag man berücksichtigen, dass dieselben etwa 8 Mal grösser sind als die bei der Verbrennung eines Knallgasgemenges von *Bunsen* gefundenen Temperaturen[1]) und dass Eisen in der Sonnenatmosphäre dauernd im gasförmigen Zustande existiren muss.

Mit dem obigen Werthe von $t = 27\,700^0$ erhält man aus Formel I für die innere Temperatur

$$t_i = 68\,400^0$$

Setzt man diese beiden Werthe von t_i und t in Formel II, so ergiebt sich

$$\frac{p_i}{p_a} = 22.1$$

d. h. der Druck im Innern des Raumes, welchem die Protuberanzen entströmen, ist 22.1 Mal grösser als der Druck an der Oberfläche der flüssigen Trennungsschicht. Setzt man ferner den Werth von t in Formel IV und nimmt wie bisher den Werth von h zu 8″ an, so ergiebt sich

$$\frac{p_a}{p_h} = 766\,000$$

für das Verhältniss des Druckes auf der flüssigen Oberfläche der Sonne zu dem Drucke in der Höhe h, wo das Wasserstoffspectrum in Folge des Druckes continuirlich zu werden beginnt.

Setzt man für p_h den obigen Werth von 0.180 m Quecksilber, so ergiebt sich

$$p_a = 184\,000 \text{ Atmosphären}$$

und demgemäss für

$$p_i = 4\,070\,000 \text{ Atmosphären.}$$

Berechnet man die Tiefe, in welcher im Innern der flüssigen Sonnenmasse vom spec. Gew. 1.46 nur in Folge des hydrostatischen Druckes jener Maximaldruck von p_i erreicht würde, so zeigt sich, dass dies in einer Tiefe von 139 geogr. Meilen unter der Oberfläche geschehen würde, d. h. in einer Tiefe von etwa 1.46 Bogensecunden oder $\frac{1}{658}$ des Sonnenhalbmessers.

Selbst wenn man von dem tropfbar-flüssigen Zustande ganz

1) *Bunsen*, Ueber die Temperatur der Flammen des Kohlenoxyds und Wasserstoffs. Pogg. Ann. CXXXI. p. 172.

Berichtigung: Seite 112, Zeile 4 v. u. lies $\varkappa c = 3.409$ statt 3.809.

absicht und unter Voraussetzung einer viel grösseren atmosphärischen Hülle von Wasserstoff diejenige Tiefe in derselben berechnet, wo die Grösse des Atmosphärendruckes jenem innern Drucke p_i gleich wird, so ergiebt sich unter Annahme einer Temperatur selbst von 68 400° jene Tiefe nur zu 27″ unter dem sichtbaren Rande der Sonnenscheibe, oder zu ungefähr $\frac{1}{86}$ des scheinbaren Sonnenhalbmessers.

Es zeigt dieser Umstand, wie schnell der Druck nach dem Innern des Sonnenkörpers wachsen muss, und rechtfertigt hierdurch die Annahme, dass im Innern der Sonne selbst bei so hohen Temperaturverhältnissen die permanenten Gase, z. B. Wasserstoff, nur im glühendflüssigen Zustande existiren können.

5.

Ein überraschendes Resultat ergiebt sich, wenn man unter Voraussetzung einer Stickstoff- oder Sauerstoffatmosphäre von gleichem Gewicht und gleicher Temperatur wie die oben betrachtete Wasserstoffatmosphäre den Druck berechnet, welcher bei jenen Atmosphären in derjenigen Höhe stattfindet, wo das Wasserstoffspectrum continuirlich zu werden beginnt. Nimmt man daher in einer Tiefe von 8″ unter dem sichtbaren Rande der Sonnenscheibe, d. h. im Niveau der supponirten Trennungsschicht den Druck jener drei Atmosphären von Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff als gleich an, und zwar zu $p_a = 184\,000$ Atmosphären, ein Werth, welcher dem Obigen zufolge dem angenommenen Werthe von p_h entspricht, so ergeben sich bei der oben gefundenen Temperatur $t = 27\,700°$ für die Grössen des Druckes an der Oberfläche der sichtbaren Sonnenscheibe in den drei Atmosphären die folgenden Werthe:

Wasserstoff $p_h = 180$ Millimeter

Stickstoff $p_h = 323.\frac{1}{10^{78}}$ »

Sauerstoff $p_h = 124.\frac{1}{10^{88}}$ »

Es folgt hieraus, dass unter den gemachten Annahmen die Quantitäten der letzten beiden Gase in derjenigen Schicht als vollkommen verschwindend im Vergleich zur Quantität des Was-

serstoffes zu betrachten sind, wo das Spectrum des Letzteren continuirlich wird. Es würde dies, wie man sieht, auch noch dann der Fall sein, wenn man die Gewichte der beiden Atmosphären viele Millionen Male grösser annähme, obgleich mit Berücksichtigung der specifischen Gewichte beim Stickstoff schon eine 14 Mal, beim Sauerstoff eine 16 Mal kleinere Gewichtsmenge genügen würde, um die Dichtigkeit dieser beiden Gase unter den angenommenen Bedingungen an der Basis mit derjenigen des Wasserstoffs übereinstimmend zu machen. Als Maximalwerth der Dichte an der Basis dieser Atmosphären müsste unseren obigen Betrachtungen zufolge auch hier das mittlere specifische Gewicht der Sonne angenommen werden, und es ist mit Hülfe von Formel III und den bekannten specifischen Gewichten des Sauerstoffs und Stickstoffs leicht zu berechnen, wie gross die Gewichte jener beiden Atmosphären vorausgesetzt werden müssten, um diesen Maximalwerth zu erreichen.

Es ergiebt sich, dass das Gewicht der Sauerstoffatmosphäre nur 0.56, dasjenige der Stickstoffatmosphäre aber 0.64 von dem Gewichte der vorhandenen Wasserstoffatmosphäre betragen dürfte.

Nimmt man daher die gleichzeitige Anwesenheit dieser drei Gase auf der Sonnenoberfläche an und lässt zunächst den Einfluss der atmosphärischen Bewegung unberücksichtigt, so würden die von den mit continuirlichem Spectrum leuchtenden Wasserstoffschichten ausgesandten Strahlen auf ihrem Wege zu unserem Auge nur eine so geringe Menge von glühenden Stickstoff- und Sauerstofftheilchen durchsetzen, dass die hierdurch erzeugte Absorption eine verschwindende und daher, wie dies in der That der Fall ist, die Anwesenheit des Sauerstoffs und Stickstoffs im Sonnenspectrum durch dunkle Linien nicht nachweisbar sein könnte.

Obgleich nun die Bewegung der Gase die hier besprochenen Verschiedenheiten zu vermindern bestrebt ist, so beweist doch die Existenz der Chromosphäre den geringen Einfluss dieser Wirkung in Folge der grossen Intensität der Schwere und der bedeutenden Höhe der betrachteten Schicht (vgl. Formel 4).

Um jedoch durch den angedeuteten Umstand die Abwesenheit von Linien zweier auf der Erde so allgemein verbreiteter Körper wie Stickstoff und Sauerstoff im Sonnenspectrum zu erklären, muss man ausserdem das sehr geringe Emissionsver-

mögen der permanenten Gase im Verhältniss zu dem der verflüchtigten festen Körper berücksichtigen. Bezieht man das Emissionsvermögen verschiedener Gase bei gleicher Temperatur für Strahlen derselben Brechbarkeit auf gleiche, sehr kleine Gewichtsmengen dieser Gase [1]), so giebt der oben p. 111 mitgetheilte Versuch von *Wüllner*, wo die geringen Mengen des in der *Geissler*'schen Röhre verdampften Natriums noch mehr Licht aussandten als das bis auf 1000 mm Druck comprimirte Wasserstoffgas einen schönen Beweis von der ausserordentlichen Verschiedenheit des Emissions- und demgemäss nach dem *Kirchhoff*-schen Satze auch des Absorptionsvermögens verschiedener Gase bei derselben Temperatur. Erst durch Berücksichtigung dieses Umstandes wird der Widerspruch beseitigt, welcher gegen die obige Erklärung für die Abwesenheit der Stickstoff- und Sauerstofflinien aus der Thatsache abgeleitet werden könnte, dass im Sonnenspectrum die Linien von Stoffen vorhanden sind, deren Dampfdichten in Folge ihrer einfachen Relation zu den Atomgewichten beträchtlich viel grösser als die Dichte des Sauerstoffs und Stickstoffs sein müssen.

Aus diesen Betrachtungen ergeben sich theils unmittelbar, theils mittelbar durch längere Schlussreihen, deren ausführlichere Darlegung ich mir an einem andern Orte vorbehalte, die folgenden Sätze:

1. Aus dem Mangel von Linien in dem Spectrum eines selbstleuchtenden Gestirnes darf nicht auf die Abwesenheit des entsprechenden Stoffes geschlossen werden.

2. Die Schicht, in welcher die Umkehrung des Spectrum's stattfindet, ist für jeden Stoff eine andere; sie liegt dem Mittelpunkte des Gestirnes um so näher, je grösser die Dampfdichte und je kleiner das Emissionsvermögen des betreffenden Stoffes ist.

3. Bei verschiedenen Gestirnen liegt, unter übrigens gleichen Umständen, diese Schicht dem

1) Es wird hierbei eine vollkommene Durchstrahlbarkeit der Gasmasse für die von ihr ausgesandten Strahlen angenommen, eine Annahme, die der Wahrheit um so näher kommt, je kleiner die verglichenen Gewichtsmengen sind.

Mittelpunkte um so näher, je grösser die Intensität der Schwere ist.

4. Die Abstände der Umkehrungsschichten der einzelnen Stoffe, sowohl vom Mittelpunkte des Gestirnes als auch untereinander, wachsen mit steigender Temperatur.

5. Die Spectra verschiedener Sterne sind unter übrigens gleichen Umständen um so linienreicher, je niedriger ihre Temperatur und je grösser ihre Masse ist.

6. Die grosse Intensitätsverschiedenheit der dunklen Linien im Spectrum der Sonne und anderer Fixsterne hängt nicht nur von den Unterschieden des Absorptionsvermögens, sondern auch von den verschiedenen Tiefen ab, in welchen die Umkehrung der betreffenden Spectra stattfindet.

Es seien mir schliesslich noch einige Bemerkungen gestattet, welche sich auf die Anwendung der mit verdünnten Gasen angestellten Beobachtungen auf die Himmelskörper beziehen. Erst kürzlich ist von *Lecoq de Boisbaudran* [1]) mit Rücksicht auf die *Wüllner*'schen Untersuchungen über die Variabilität der Spectra durch Druck- und Temperaturveränderungen darauf hingedeutet worden, dass nur mit grosser Vorsicht die hier erlangten Resultate auf die Druckverhältnisse der Sonnenatmosphäre übertragen werden dürften, indem die Veränderungen der Spectra weit mehr durch die Temperatur als durch den Druck bedingt wären. Aber selbst unter der Annahme, dass sich diese Vermuthung durch besondere Versuche bestätigen sollte, würde dieser Umstand die in vorliegender Abhandlung entwickelten Resultate nur in geringem Grade beeinflussen können. Denn die Beschaffenheit derjenigen Function (Formel V), welche uns oben p. 115 zur Ermittelung der Temperatur der Atmosphäre gedient hat, ist eine solche, dass der Druck p_λ, bei welchem das Wasserstoffspectrum continuirlich wird, innerhalb sehr weiter Grenzen verändert werden kann, ohne hierdurch beträchtliche Aenderungen der erforderlichen Temperatur zu bedingen. So zeigte sich p. 117, dass durch Einführung der im Verhältniss von 1 : 10 stehenden Extreme des angenommenen Druckes die

1) Comptes rendus. T. LXX. p. 1091. (16. Mai 1870.)





Orographische Meilen.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15000

Fig. 1. Position 160° Zeit 10h 22m.

1869 August 29.

Fig. 2. Dieselbe Protube[illegible] Zeit 11h 2[illegible]

hierdurch bedingten Werthe der Temperaturen nur im Verhältniss von 1 : 1.15 standen.

Nichtsdestoweniger muss die Trennung der Einflüsse, welche Druck und Temperatur auf die Beschaffenheit des Spectrums leuchtender Gase ausüben, als eine Aufgabe angesehen werden, deren Lösung für die Astrophysik von höchster Bedeutung ist.

Vielleicht gelingt es mit Anwendung des bekannten galvanischen Erwärmungsgesetzes und des Gesetzes von *Gay-Lussac*, den Druck des Gases durch Veränderung des Quecksilberniveaus so zu reguliren, dass die bei einer stärkeren Entladung durch die Temperatur erzeugte Druckerhöhung, durch eine bereits vor der Entladung bewirkte Druckverminderung compensirt wird. Auf diese Weise würde man den Druck constant erhalten und, ohne die Temperatur selbst zu kennen, doch deren Veränderungen allein bezüglich ihrer Einwirkung auf das Spectrum untersuchen können. Hierbei wird von den während der kurzen Dauer der Entladung stattfindenden Wärmeverlusten durch Leitung und Strahlung abgesehen, und daher annähernd die im Stromkreise entwickelte Wärmemenge proportional der Temperatur der glühenden Gasmasse gesetzt. Ist diese Masse bekannt, so würde durch Ermittelung der Zeit und Wärmemenge der Entladung auch eine obere Grenze für die absolute Temperatur des glühenden Gases berechnet werden können.

Dr. N. O. Bernstein. *Der Austausch an Gasen zwischen arteriellem und venösem Blute.* Aus dem physiolog. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit 1 Steindrucktafel.

Bis dahin hat man, so weit mir bekannt, keinen Versuch angestellt, welcher auch nur annähernd die Bedingungen nachahmt, unter denen in der Placenta die Diffusion der Gase des Blutes vor sich geht. Die Ausfüllung dieser Lücke ist offenbar wünschenswerth, namentlich auch darum, weil die Erfahrungen, die wir bei einem solchen Versuche gewinnen, Aufschluss versprechen über die relativen Geschwindigkeiten, mit welchen der Sauerstoff und die Kohlensäure das Blut verlassen, beziehungsweise zu ihm treten. Aufgefordert und in der Entwerfung der Methode von Herrn Prof. *Ludwig* unterstützt habe ich einige Versuche unternommen, die ich trotz ihrer Unvollständigkeit mittheile, theils der schon jetzt erhaltenen Resultate wegen, theils um die Aufmerksamkeit Anderer dem Gegenstande zuzuwenden. Der Versuch stellte sich die Aufgabe, zwei Blutarten, die womöglich nur rücksichtlich ihres Gasgehaltes von einander unterschieden waren, durch eine dünne Membran von einander zu trennen, und durch die Analyse zu bestimmen, welche Veränderungen in dem Gasgehalte einer jeden der beiden Blutarten vermöge der Diffusion hervorgerufen worden waren. Dieser einfache Gedanke wurde folgendermaassen ausgeführt:

Um zwei in allem Uebrigen übereinstimmende und nur durch ihren Gasgehalt verschiedenartige Blutsorten zu gewinnen, fing ich aus der a. carotis eines Hundes arterielles Blut auf,

klemmte bis zur eintretenden Erstickung die Luftröhre zu und fing dann abermals aus der a. carotis eine genügende Menge sehr dunkeln, dem Erstickungsblute nahestehenden Blutes. Beide Blutquanta wurden nach der in diesen Berichten schon wiederholt beschriebenen Weise über Quecksilber gesammelt und defibrinirt. Von jeder dieser Blutproben ward ein Theil in den gewöhnlichen Recipienten der Gaspumpe übergefüllt, damit die Zusammensetzung der Blutgase bestimmt werden konnte vor dem Eintritt der Flüssigkeiten in die Diffusion. Der Rest des Blutes, der nach Abnahme dieser Probe verblieb, ward in den Diffusionsapparat übergeführt.

Dieser letztere war nach dem Muster der gewöhnlichen Diffusionsapparate gebaut, so jedoch, dass der Luftzutritt vollkommen ausgeschlossen wurde, dass die Haut, welche die beiden Blutarten trennte, möglichst dünn und ihre Fläche im Verhältniss zur Menge des angewendeten Blutes möglichst gross war. Diese Absichten wurden durch die Einrichtung erreicht, welche in der beiliegenden Tafel gezeichnet ist. Als Diffusionsgefässe dienten vier dickwandige Glasschalen, von je 35 C.-Cent. Inhalt und 75 Qu.-Cent. Basalfläche; sie waren aus hohlen Deckeln von Präparatengläsern durch sorgfältiges Abschleifen der Ränder hergestellt. Je zwei und zwei dieser Deckel *A*, *E* und *A'*, *E'* wurden zu einem Gefässe vereinigt. Zwischen die glatten Ränder von je zweien einander zugekehrten Glasdeckeln wurde mit Hülfe von Kautschukringen die dünne Scheidewand eingeklemmt und der Spalt selbst durch aufgetragenen Lack verdichtet. Die beiden Deckelpaare wurden durch einen Kork, der zwischen zwei einander zugekehrten Fortsätzen *F* und *F'* lag, fest aneinander geheftet. Um die Diffusionsräume beliebig mit Quecksilber oder Blut füllen zu können, ohne dass die dünne Haut zerrissen wurde, vereinigte man sie sämmtlich durch ein communicirendes Röhrengestell. Die Einrichtung desselben wird durch die Betrachtung der Figur ohne Weiteres deutlich sein. Durch die obern Röhrenpaare *Re* und *Ra* wurde das Blut eingesogen oder ausgetrieben, durch das untere *QQQ* wurde das Quecksilber entlassen oder eingeführt; da *Re* mit je einem Raum der beiden Paare in Verbindung stand und dieses auch mit *Ra* der Fall war, so konnten gleichzeitig die Räume diesseits und jenseits der Scheidewand mit sauerstoffhaltigem, beziehungsweise mit sauerstofffreiem Blute gefüllt werden, während gleichmässig das

Quecksilber die Räume verliess. Ebenso konnte das Quecksilber durch Q und Q auf gleicher Spiegelhöhe eingeführt werden. Bei der Gleichmässigkeit des Drucks, die hierdurch stets auf den beiden Seiten der Scheidewand erreicht wurde, gelang es in der That, die Haut trotz ihrer Dünne unversehrt zu erhalten und zugleich die Entleerung und Einfüllung des Blutes beim Abschluss der Luft vorzunehmen. — Die Fortsätze H und H waren derart in eine Klemme eingespannt, dass um sie als Achse die Deckelpaare hin und her gedreht werden konnten.

Diese Drehung wurde in der Zeit, während welcher die Blutsorten zur Diffusion standen, öfters ausgeführt, um die der Scheidewand anliegenden Schichten öfters zu erneuern.

Die dünne Scheidewand war hergestellt aus einem Stück käuflichen, zu prophylaktischen Zwecken benutzbaren Blinddarms. Das Häutchen wurde, bevor ich es benutzte, mit Wasser und Alkohol sorgfältig gereinigt; zudem ward es auf seine Durchgängigkeit für Kochsalzlösung geprüft und als ein sehr durchlassendes befunden. Statt einer frischen Membran wurde absichtlich eine solche gewählt, die schon mannichfachen Eingriffen ausgesetzt gewesen, durch welche alle löslichen Bestandtheile und alle Neigung zu innern Umsetzungen beseitigt war. Hierdurch hoffte man die Sicherheit zu erlangen, dass von Seiten der Membran keine Umsetzungen in dem Blute eingeleitet würden. Der Erfolg zeigte jedoch, dass dieses nicht jedesmal erreicht worden war. Nach dieser Schilderung des Diffusionsapparates kehre ich zur Beschreibung des Versuches selbst zurück.

Wir haben denselben da verlassen, wo die beiden Blutsorten defibrinirt zur Einfüllung in den eben beschriebenen Apparat bereit standen. Zu diesem Zeitpunkt füllte man den Apparat sorgfältig mit Quecksilber, so dass auch die kleinste Luftblase aus ihm entfernt ward; war dies geschehen, so ersetzte man das Quecksilber so weit mit Blut, dass es bis zu den Mündungen von QQ reichte und schloss darauf alle Mündungen mit Klemmen ab, alsdann überliess man das Blut bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur 5 bis 7 Stunden der Diffusion und schüttelte durch sanfte Drehungen das Blut öfter durch. Nach Verfluss der genannten Zeit verdrängte man das Blut durch Quecksilber und füllte dasselbe in zwei Recipienten; einer derselben nahm das dunkle, der andere das hellrothe Blut auf.

Während der ganzen Zeit der Diffusion blieben in dem Zimmer auch die Recipienten liegen, welche mit den ursprünglichen der Diffusion nicht ausgesetzten Blutproben gefüllt waren. Da diese Blutproben als Ausgangspunkt für den Vergleich dienen sollen, inwieweit das Blut durch die Diffusion verändert wurde, so ist die eben erwähnte Vorsicht geboten. Bei dem Aufenthalt des Blutes in einer Temperatur von 15 bis 20 Graden ändert sich bekanntlich sein Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure um ein Geringes. Da diese von der Diffusion unabhängige Aenderungen bei der besprochenen Maassregel in den entsprechenden Blutproben voraussichtlich gleichmässig fortschreitet, so wird man den jetzt noch auffindbaren Unterschied dem Einflusse der Diffusion zuzuschreiben haben.

Nachdem auch die Recipienten aus dem Diffusionsapparat mit Blut gefüllt sind, bettet man dieselben in Eis und pumpt andern Tags aus ihm die Gase aus, welche schliesslich nach bekannten Methoden analysirt werden.

Ich lasse nun in übersichtlicher Zusammenstellung die Zahlen folgen, welche ich bei vier Versuchen erhalten habe.

	Ursprüngl. Blut,		Blut nach Diff.		Summe d. Gase		Bemerkgen.
	arterielles	venöses	arterielles	venöses	vor d. Diff.	nach d. Diff.	
I.							
Sauerstoff	16,97	2,85	16,46	2,65	19,82	19,11	Dauer d. Diff.
Kohlens.	29,80	42,97	31,76	38,02	72,77	69,78	5 Stunden,
Stickstoff	1,53	1,64	1,38	2,19	3,47	3,57	Temp. 15° C.
II.							
Sauerstoff	14,95	1,98	14,47	2,03	16,93	16,20	Dauer d. Diff.
Kohlens.	38,00	46,77	39,55	44,89	84,77	84,44	5 Stunden,
Stickstoff	1,34	1,80	1,87	1,52	3,44	3,39	Temp. 18° C.
III.			verun-				
Sauerstoff	15,19	0,0	glückt	0,25	—	—	Dauer d. Diff.
Kohlens.	24,53	34,49	,,	32,19	—	—	6 Stunden.
Stickstoff	2,09	2,02	,,	2,36	—	—	Temp. 20° C.
IV.							
Sauerstoff	12,79	1,54	8,91	0,14	14,33	9,5	Dauer d. Diff.
Kohlens.	36,48	44,94	42,94	44,13	82,42	87,07	7 1/2 Stunden
Stickstoff	1,60	1,48	1,63	1,42	3,47	3,05	Temp. 16,5° C.

Wenden wir uns zu einer Kritik der vorstehenden Zahlen, so leuchtet zunächst ein, dass ein Theil derselben auf analytische

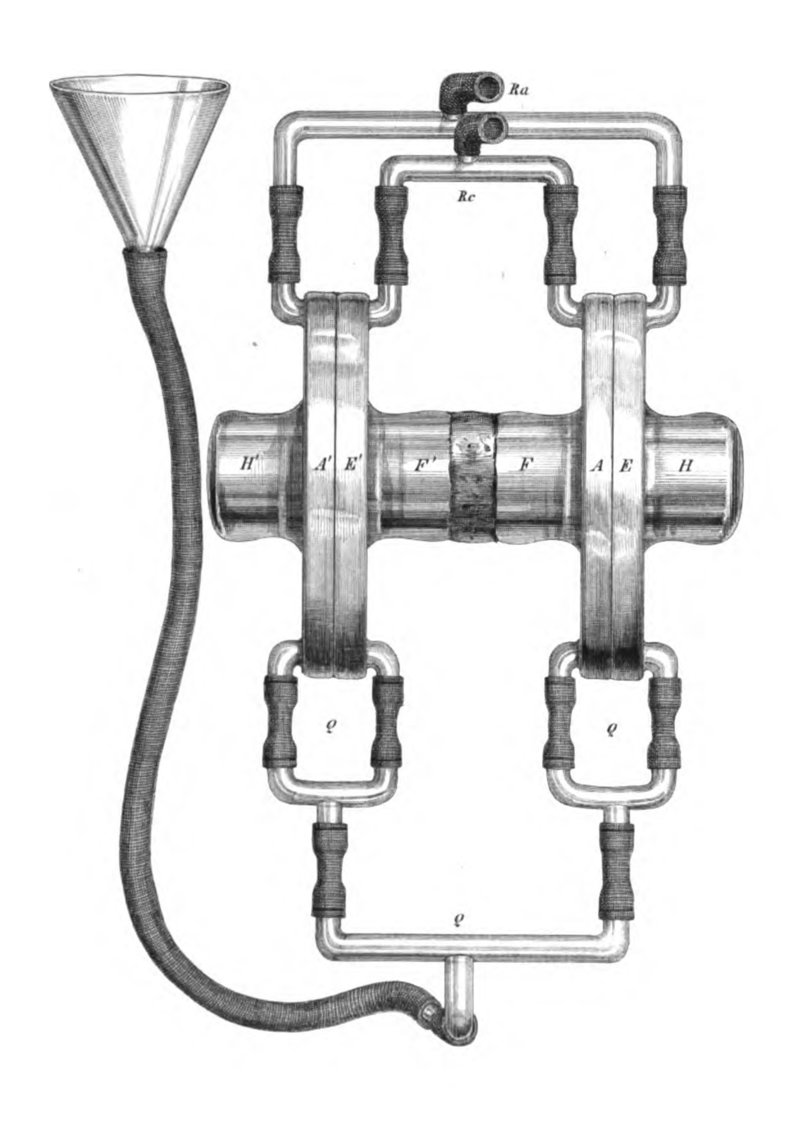
Fehler, ein anderer auf Zersetzungen des Blutes hinweist, die innerhalb des Diffusionsapparates andere gewesen sein müssen, als in der Blutprobe, welche in dem Recipienten aufgehoben war.

Zu der ersteren Gattung gehört unzweifelhaft die Zahl für die Kohlensäure im ersten Versuche. Aus der Columne 6 und 7 in der zweiten Reihe der vorstehenden Tabelle erkennt man, dass der Gehalt an Kohlensäure der beiden Blutarten vor der Diffusion grösser ist, als nach derselben; da es aber ganz unmöglich ist, dass durch den Vorgang der Diffusion Kohlensäure verschwände, so müssen wir einen Verlust oder überhaupt einen Fehler während der Analyse voraussetzen.

Zu den Aenderungen des Gasgehaltes, welche nicht durch Diffusion, sondern durch Zersetzung herbeigeführt sind, müssen wir den ungewöhnlich hohen Sauerstoffverlust rechnen, welchen das der Diffusion ausgesetzte Blut im 4. Versuche erlitten hat, umsomehr, als gleichzeitig das arterielle Blut einen ungewöhnlich hohen Zuwachs an Kohlensäure empfängt. — Diese Abweichung des Sauerstoffverbrauches innerhalb des Diffusionsapparates von demjenigen im Glasrecipienten macht sich nun auch in den andern Versuchen geltend, da auch in der 1. und 2. Beobachtung die Summe der Sauerstoffprocente vor der Diffusion um 0,7 grösser ist, als nach derselben.

Die eben angelegte Kritik vermindert nicht blos mein an und für sich kleines Material, sondern sie ist auch geeignet, gegen einen Theil des Restes Misstrauen zu erwecken.

Sehen wir jedoch einstweilen hiervon ab und betrachten wir demnach die Veränderungen, welche jede der Blutarten erfahren hat, die der Diffusion ausgesetzt waren, als bedingt durch den letzteren Vorgang, so finden wir, dass das arterielle Blut des ersten Versuches verloren hat an Sauerstoff 0,51 Procent, das des zweiten 0,78 Procent, während in keinem der genannten Fälle das venöse Blut eine Sauerstoff-Veränderung erlitten, die ausserhalb der analytischen Fehlergrenzen gelegen wäre. Daraus darf man jedenfalls den Schluss ziehen, dass trotz einem Sauerstoff-Unterschiede der beiden Blutarten von 13 bis 14 Procent binnen 5 Stunden höchstens 0,5 bis 0,7 Procent Sauerstoff aus dem arteriellen in das venöse Blut übergetreten sei. Wahrscheinlich ist es aber, dass auch von dieser Menge noch ein Antheil innerhalb des arteriellen Blutes selbst durch Zersetzungsvorgänge verschwunden ist. Aber selbst wenn dieses letztere



Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1870.
Zur Abhandlung v. Dr. Bernstein.

Lith. Anst. J. G. Bach, Leipzig.



nicht geschehen wäre, so würde das Resultat bestehen bleiben, dass die diffusive Sauerstoffbewegung unerwartet gering wäre.

Wenn wir dieselbe Betrachtung auch auf die Kohlensäure anwenden, so ergiebt sich, dass im zweiten Versuch das arterielle Blut an Kohlensäure gewonnen 1,55 Procent, während das venöse 1,88 Procent eingebüsst hat, und ferner, dass das arterielle Blut des ersten Versuchs 1,96 Kohlensäure gewonnen, das venöse des dritten 2,30 Procent und das venöse Blut des vierten Versuchs 0,81 Procent Kohlensäure verloren hat. Da ein Verlust an Kohlensäure des venösen Blutes, die analytische Richtigkeit des Resultates vorausgesetzt, sich gar nicht anders erklären lässt, als daraus, dass ein Uebertritt der Kohlensäure in das arterielle stattgefunden hat, so müssen wir schliessen, dass in der That ein dem vorstehenden Betrag entsprechender Antheil an Kohlensäure durch Diffusion übertragen worden. Indem wir dieses thun, sehen wir ein, dass der Austausch der Kohlensäure bei annähernd gleichen Unterschieden des Procentgehaltes mindestens doppelt so gross gewesen sei, als derjenige des Sauerstoffs.

Obwohl kein Grund vorliegt, den Vorgang, wie ich ihn künstlich hergestellt, für übereinstimmend zu halten mit den natürlichen Ereignissen, da weder der Bau, noch die chemische Zusammensetzung meiner Scheidewand mit der Haut der Capillargefässe übereinstimmt, so lehren doch meine Thatsachen, dass der Gasaustausch von Flüssigkeit zu Flüssigkeit sich als ein sehr unbedeutender erweist.

Dr. O. Schmiedeberg, *Untersuchungen über einige Giftwirkungen am Froschherzen*. Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig*.

Mit 1 Holzschnitt.

Die von mir und *Koppe* angestellten Vergiftungsversuche mit dem Muscarin [1]) haben unter anderem ergeben, dass die kleinsten Mengen dieses Giftes einen diastolischen Herzstillstand bei Fröschen herbeiführen, ohne die Erregbarkeit des Herzens zu vernichten, dass dieser Stillstand ohne anderweitige Eingriffe auf das Herz ein dauernder ist, aber durch geringe Bruchtheile eines Milligr. Atropin, die man dem Thiere subcutan injicirt, vollständig wieder aufgehoben werden kann, worauf weitere Quantitäten von Muscarin wirkungslos bleiben. Letzteres findet von vornherein statt, wenn die Injection des Atropins der des Muscarins vorausgegangen ist. Da die Wirkung kleiner Mengen von Atropin auf das Herz sich darin äussert, dass weder durch elektrische Reizung des Vagusstammes noch des Venensinus ein diastolischer Stillstand des Herzens oder auch nur eine Verlangsamung seiner Schläge erzeugt werden kann, dass demnach die Theile, deren elektrische Erregung jene Hemmungswirkung hervorruft, durch dieses Gift gelähmt werden, so schlossen wir, dass die Wirkung des Muscarins eine entgegengesetzte sei, d. h. dass es sich um eine Erregung derselben Theile handle, die

1) Das Muscarin, das giftige Alkaloid des Fliegenpilzes. Leipzig 1869.

durch das Atropin gelähmt werden und deren elektrische Erregung den diastolischen Herzstillstand hervorruft.

Im Anschluss an diese Thatsachen war es von Interesse, andere auf das Herz wirkende Gifte in ähnlicher Richtung zu untersuchen. Vor allen verdiente das Nicotin in dieser Beziehung eine besondere Aufmerksamkeit. Nach den Untersuchungen von *Traube* [1]) und *Rosenthal* [2]) erzeugt dieses Gift eine vorübergehende Erregung der Vagusendigungen, die zum Stillstand des Herzens führen kann, bald aber einer Lähmung jener Theile Platz macht, so dass die stärkste galvanische Reizung des Vagus nicht mehr im Stande ist, die Herzbewegungen zu sistiren oder auch nur zu verlangsamen. Es galt zunächst zu untersuchen, ob das Atropin zu der anfänglichen erregenden Wirkung des Nicotins auf die Vagusendigungen in einem ähnlichen Antagonismus stehe, wie zu der des Muscarins, und ob die später folgende lähmende Wirkung des Nicotins die erregende des Muscarins aufzuheben im Stande sei, d. h. ob das Nicotin im ersten Stadium seiner Wirkung sich wie das Muscarin, im zweiten wie das Atropin verhalte. Es fragte sich ferner, warum auf die anfängliche, durch das Nicotin bedingte Erregung der Vagusendigungen so rasch eine Lähmung derselben folgt, während das Muscarin einen dauernden Zustand der Erregung unterhält.

Die zur Entscheidung dieser Fragen dienenden Versuche sind von mir und Dr. *H. Truhart* gemeinschaftlich angestellt und von letzterem mit anderen Untersuchungen über die Nicotinwirkung in seiner Inauguraldissertation [3]) mitgetheilt. Die späteren Ergänzungen und Erweiterungen sind von mir zum Theil im physiologischen Laboratorium des Herrn Prof. *Ludwig* ausgeführt.

Was die erregende Wirkung des Nicotins auf die Vagusendigungen betrifft, so kommt dieselbe nur nach Anwendung sehr kleiner Mengen des Giftes zur Wahrnehmung. Unmittelbar nach der Injection von $^1/_8$—$^1/_3$ Milligr. Nicotin beginnt die Zahl der Herzcontractionen abzunehmen, und in kurzer Zeit tritt diastolischer Stillstand des Herzens ein, der indess höchstens 1—$1^1/_2$ Min. anhält, worauf von neuem Pulsationen sich einstellen,

1) Med. Centralztg. 1863.
2) Med. Centralbl. 1863.
3) Ein Beitrag zur Nicotinwirkung. Diss. Dorpat 1869.

welche bald die vor der Injection des Giftes gefundene Zahl erreichen[1]). Hat man vor der Application des Nicotins dem Thiere Spuren von Atropin beigebracht, so kommt in keinem Falle dieser Stillstand zu Stande; das Herz schlägt bei kleinen Gaben unverändert fort, bei grösseren tritt allmälig eine Abnahme der Zahl der Pulsationen ein, wie das auch ohne Anwendung von Atropin der Fall zu sein pflegt, aber erst lange nachdem auf die ursprüngliche Erregung die Lähmung des Vagus gefolgt ist. Es ist daher diese Verminderung der Pulsfrequenz, die zuerst von *Traube* beobachtet ist, nicht mit jener durch die Vaguserregung bedingten zu verwechseln.

Es verhält sich daher das Nicotin in kleinen Gaben und im ersten Stadium seiner Wirkung wie das Muscarin; es bringt einen diastolischen Herzstillstand hervor, der nach der Lähmung der Hemmungsvorrichtungen durch das Atropin ausbleibt. Auch nach der Lähmung des Vagus durch Curare konnte *Rosenthal* durch das Nicotin keinen Stillstand hervorrufen. Da der durch das Nicotin erzeugte Herzstillstand von so kurzer Dauer ist, so lässt sich die Prüfung der antagonistischen Wirkung des Atropins nicht umgekehrt in der Weise vornehmen, dass man wie beim Muscarin das stillstehende Herz durch Atropin wieder zum Schlagen bringt. Das Herz beginnt in Folge der nach der Erregung bald eintretenden Lähmung des Vagus von selbst wieder zu pulsiren. Nach grösseren Mengen von Nicotin tritt diese Lähmung so rasch ein, dass das Herz durch die vorausgehende Erregung nicht zum Stillstand kommt, höchstens eine Verlangsamung der Pulszahlen sich bemerkbar macht. In einzelnen Fällen bringen selbst jene kleinen Quantitäten sofort eine Lähmung, keinen Stillstand, zuweilen auch keine Verlangsamung hervor.

Wenn man nun, nachdem auf Anwendung von Nicotin durch die stärkste elektrische Reizung vom Vagus aus keine hemmende Wirkung auf das Herz mehr hervorgebracht werden kann, dem Thiere etwas Muscarin beibringt, so kommt das Herz dennoch zum Stillstand, der ein dauernder ist und durch Atropin wieder aufgehoben werden kann; kurz das Herz, an dem durch Nicotin die Vagusendigungen gelähmt sind, verhält sich dem Muscarin gegenüber wie ein normales. Dies führt unmittelbar

1) Vergl. *Truhart* a. a. O.

zu der Schlussfolgerung, dass durch das Nicotin andere Theile des Vagus gelähmt werden, als durch das Atropin, und dass diese dem Stamme des Vagus näher liegen als jene, auf welche das Atropin wirkt, da durch das Muscarin, nicht aber durch elektrische Reizung des Nervenstammes ein diastolischer Herzstillstand erzeugt werden kann. In gleicher Weise wie durch das Muscarin lässt sich durch elektrische Reizung des Venensinus am nicotinisirten Herzen ein Stillstand hervorrufen, wie es zuerst von *A. B. Meyer* [1]) beobachtet ist. Die eigentlichen Hemmungsvorrichtungen im Herzen werden also durch das Nicotin nicht gelähmt, nur die Zuleitung der Erregung vom Stamme her wird unterbrochen, indem die vor jenen Vorrichtungen liegenden Theile unerregbar werden. Hierbei kann es sich entweder um eine Lähmung der im Stamme des Vagus verlaufenden Hemmungsfasern selbst oder solcher Theile dieses Nerven handeln, die sowohl von jenen Vorrichtungen, auf welche das Atropin wirkt, als auch von den eigentlichen Fasern verschieden sind. Es lässt sich erweisen, dass in der That letzteres der Fall ist, dass dagegen die Nervenfasern selbst nicht afficirt werden. Wie weiter unten gezeigt werden wird, verlaufen im Stamm des Froschvagus neben den Hemmungsfasern noch solche, deren Reizung eine Zunahme der Pulsfrequenz bedingt und die selbst durch grosse Gaben von Nicotin nicht gelähmt werden. Da nun specifisch verschiedene Arten von Nervenfasern nicht angenommen werden können, so lässt sich schliessen, dass auch die hemmenden Fasern im Vagus durch das Nicotin nicht gelähmt werden, dass sich vielmehr die Wirkung dieses Giftes auf Theile erstreckt, die von den Nervenfasern verschieden sind und vorläufig als Zwischenapparate betrachtet werden können, die den Zusammenhang des Endapparates mit den Vagusfasern vermitteln. Dass letztere nicht gelähmt werden, lässt sich auch direct dadurch erweisen, dass bei den unten erwähnten Versuchen am *Coats*'schen Herz-Vaguspräparat das Gift gar nicht mit den Fasern in Berührung kommt, und dass die directe Application nicotinhaltigen Serums auf den freipräparirten Vagus, ohne dass das Herz damit in Berührung kommt, die hemmende Wirkung dieses Nerven bei Reizung nicht beeinträchtigt.

Den Endapparat des Vagus, den man daher nicht, wie

1) Das Hemmungsnervensystem des Herzens. Berlin 1869.

A. B. Meyer[1]) es thut, mit der Endausbreitung dieses Nerven identificiren darf, kann man als Hemmungsapparat bezeichnen, weil seine Erregung einen Stillstand des Herzens bedingt, und nach seiner Lähmung durch Atropin kein Mittel die sogenannte Hemmungswirkung hervorzubringen im Stande ist. Wie das Zustandekommen des Herzstillstandes durch Erregung gewisser in der Herzsubstanz liegender Theile zu erklären sei, ist selbstverständlich eine Frage für sich.

Hinsichtlich der Natur der Hemmungsapparate lassen sich aus den mitgetheilten Thatsachen nur Wahrscheinlichkeitsschlüsse ziehen. Am meisten sprechen dieselben für die Annahme gangliöser Elemente. Schon *Bezold*[2]) schloss aus dem Umstande, dass die rhythmische Reizung des Vagus das Froschherz zum Stillstand bringt, indem der einfache Reiz in den Endorganen des Vagus eine Nachwirkung hinterlässt, die sich summirt, bis Stillstand eintritt, dass der Vagus nicht unmittelbar auf die Herzmusculatur, sondern vermittelst gangliöser Elemente seine hemmende Wirkung ausübe. Auch bei dem Zustandekommen des Herzstillstandes durch das Muscarin kommt vielleicht eine solche Nachwirkung in Betracht. Wenn dieses Gift als ein schwacher, aber continuirlicher Reiz auf die Hemmungsapparate wirkt, so kann die Nachwirkung sich stetig summiren, bis der Erregungszustand jener Apparate den Grad erreicht hat, der zur Hervorbringung des Herzstillstandes erforderlich ist. So erklärt sich vielleicht auch die Thatsache, dass nach kleinen Gaben von Muscarin bis zum Eintritt des definitiven Herzstillstandes eine Stunde und mehr vergehen kann, während kaum anzunehmen ist, dass die Resorption der minimalen Quantitäten des Giftes, mit denen man es dabei zu thun hat (z. B. $^1/_{40}$ Milligr.[3]), so lange Zeit in Anspruch nimmt. Der dauernde Stillstand, den das Muscarin im Gegensatz zum Nicotin hervorruft, lässt sich leichter mit einer Wirkung desselben auf gangliöse Elemente in Einklang bringen, als auf solche, die in ihren Eigenschaften den Nervenfasern nahe stehen. Bei jenem Zwischenapparate dagegen ist wahrscheinlich das letztere der Fall, wie sich daraus schliessen lässt, dass auf die anfängliche, durch das

1) a. a. O. p. 36.
2) *Virch.* Arch. Bd. 14. p. 282.
3) Vergl. das Muscarin etc. p. 26.

Nicotin bedingte Erregung bald eine Lähmung folgt, ähnlich wie auf die elektrische Erregung des Stammes die Ermüdung. Bei der Anwendung des Nicotins macht sich statt der letzteren eine Lähmung geltend, weil die Ursache eine fortwirkende ist, so lange das Gift mit den Theilen in Berührung bleibt. Erst nach erfolgter Ausscheidung jenes kann das gelähmte Organ wieder functionsfähig werden.

Bei der elektrischen Reizung des Vagus, an dem die Zwischenapparate durch Nicotin gelähmt sind, erhält man nicht nur keine Verminderung der Zahl der Herzschläge, sondern es wird in allen Fällen eine Steigerung derselben wahrgenommen, die namentlich sehr beträchtlich ist, wenn nach der Anwendung des Nicotins jene oben erwähnte, bei gelähmtem Vagus eintretende Verlangsamung der Herzschläge sich eingestellt hat. Diese Thatsache lässt keine andere Deutung zu, als die Annahme besonderer, im Stamm des Vagus verlaufender Nervenfasern, deren Reizung in ähnlicher Weise eine Beschleunigung der Contractionen des Froschherzens hervorbringt, wie die der Beschleunigungsnerven eine solche des Säugethierherzens. Beim normalen Vagus kann durch Reizung am Froschherzen keine Beschleunigung hervorgebracht werden, weil gleichzeitig die in demselben Stamme verlaufenden Hemmungsfasern erregt werden, und ihre Wirkung offenbar die überwiegende ist. Erst bei der durch das Nicotin erzeugten Lähmung der Endigungen der Hemmungsfasern kann die Erregung der durch das Gift intact gebliebenen Beschleunigungsfasern zur Geltung kommen. Dass es sich dabei nicht um unipolare Wirkungen oder Stromschleifen auf das Herz handelt, kann, abgesehen von allen Vorsichtsmassregeln bei der Reizung selbst, mit aller Sicherheit dadurch nachgewiesen werden, dass, während die Vagusreizung beschleunigend auf die Herzcontractionen wirkt, die directe Reizung des Sinus venosus, wie oben erwähnt, diastolischen Stillstand hervorbringt, und dass nach sorgfältiger Umschnürung des Nerven mittelst eines feuchten, sehr dünnen Fadens die Reizung der oberhalb der Umschnürungsstelle gelegenen Parthien auf die Zahl der Herzcontractionen gar keinen Einfluss mehr ausübt [1]).

Auch nach der Lähmung der Hemmungsapparate durch das Atropin tritt bei Vagusreizung diese Beschleunigung ein, wie

1) Vergl. auch *Truhart* a. a. O.

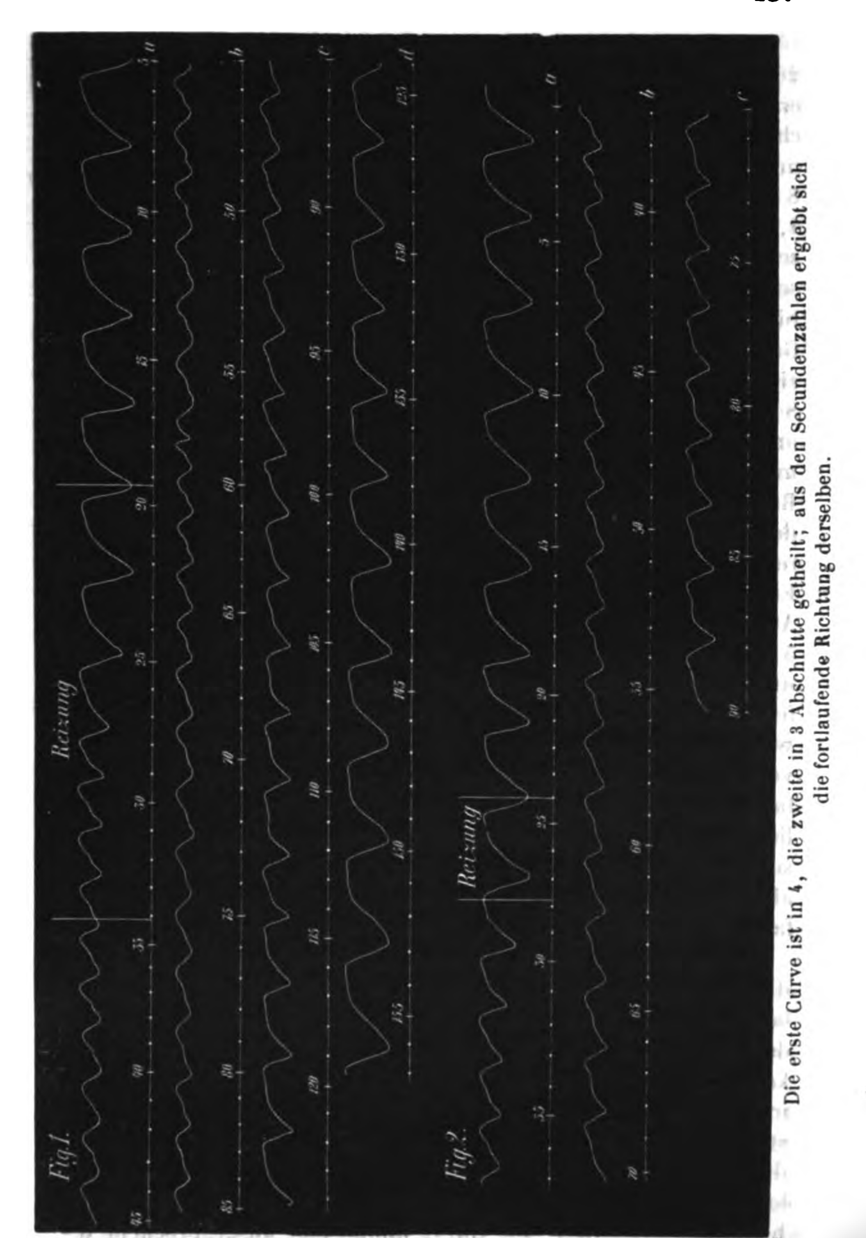
das schon von *Keuchel*[1]) beobachtet ist. Doch ist sie nicht in allen Fällen deutlich und niemals so ausgesprochen, wie beim Nicotin, was zum Theil wenigstens seinen Grund darin hat, dass die Pulsfrequenz durch geringe Mengen von Atropin keine solche Herabsetzung erfährt, wie durch das Nicotin; denn je grösser die Pulsfrequenz vor der Reizung ist, desto geringer fällt die Beschleunigung bei der Vagusreizung aus. Selten gelingt es am unversehrten Frosch die Pulsationen über das Maximum der normalen Anzahl zu steigern. Das Daturin verhält sich dem Hemmungsnervensystem des Herzens gegenüber in jeder Beziehung wie das Atropin, und es sind daher beide Stoffe auch aus diesem Grunde als identisch anzusehen.

Sehr eigenthümlich ist der zeitliche Verlauf der Reizung der Beschleunigungsfasern, indem einerseits eine Periode der latenten Reizung von beträchtlicher Dauer vorausgeht, und andererseits eine lange anhaltende Nachwirkung folgt. Das Nähere über diese sowie andere bei der Reizung des Vagus am nicotinisirten Herzen obwaltenden Verhältnisse veranschaulichen die beistehenden Curven, die nach der von *Coats*[2]) beschriebenen Methode gewonnen sind. Nachdem das Herz-Vaguspräparat hergestellt und mit dem Kymographion in Verbindung gesetzt war, wurde zunächst der Vagus auf seine Reizbarkeit geprüft und hierauf durch das Herz nicotinhaltiges Serum geleitet. Schon nach wenigen Minuten stellt sich bei Vagusreizung statt der ursprünglichen Abnahme der Zahl der Herzschläge eine Beschleunigung derselben ein. Die Reizung geschah mit intermittirenden Strömen von ungefähr der Stärke, wie sie zur Hervorbringung des Herzstillstandes bei Reizung des normalen Vagus erforderlich sind. Die Zeit der Reizung ist in den Curven durch die beiden verticalen Striche bezeichnet. Die in der Abscissenrichtung liegende Scala giebt die Zeit in Secunden an; letztere wurden durch eine besondere Vorrichtung mittelst eines Metronoms direct auf der Trommel des Kymographions verzeichnet.

---

1) Das Atropin und die Hemmungsnerven. Diss. Dorpat 1868.

2) Arbeiten aus der physiolog. Anstalt zu Leipzig. IV. 1869. p. 176.



Die erste Curve ist in 4, die zweite in 3 Abschnitte getheilt; aus den Secundenzahlen ergiebt sich die fortlaufende Richtung derselben.

In Fig. 1 beträgt die Zahl der Pulse vor der Reizung 7 in 20 Sec., die Dauer eines jeden Schlages demnach 2,85 Sec. Der erste Schlag nach dem Beginne der Reizung zeigt keine Abweichung von den früheren; die beiden zunächst folgenden dauern nur wenig kürzere Zeit als jene. Erst der vierte Schlag, der 8 Sec. nach dem Beginn der Reizung eintritt, verläuft in 1,7—1,8 Sec.; der Zuwachs beträgt demnach mehr als 60%. Damit scheint zugleich das Maximum der Beschleunigung erreicht zu sein, denn in den nächsten 20—25 Sec. bleiben die Pulszahlen bis auf geringe Schwankungen, die auf Unregelmässigkeiten im Gange des zeitregistrirenden Apparats zurückzuführen sind, ziemlich constant, indem je fünf auf einander folgende Schläge $8^3/_4$—$9^1/_4$ Sec. dauern, also jeder Schlag 1,75—1,85 Sec. beansprucht. Dann macht sich eine geringe Verlangsamung bemerkbar; aber erst mehr als $1^1/_2$ Min. nach dem Aufhören der Reizung kommen die Pulse auf die frühere Frequenz zurück. In der Curve Fig. 2, die von demselben Präparat stammt, ist während der Dauer der Reizung, die kaum 4 Sec. beträgt, gar kein Einfluss auf die Pulsfrequenz wahrzunehmen. Erst nach dem Aufhören derselben tritt die Beschleunigung ein (im Maximum 5 Schläge in $8^1/_4$ Sec. gegen 5 in 14,3 Sec. vor der Reizung) und hat 1 Min. nach dem Aufhören der Reizung noch nicht der früheren Frequenz Platz gemacht. Diese lang dauernde Nachwirkung und latente Reizung sind bisher im Gebiete der Nervenphysiologie ohne Analogie. Vielleicht würden die Hemmungsfasern des Frosches ähnliche Verhältnisse bieten, wenn es möglich wäre, dieselben zu reizen, ohne dass gleichzeitig die beschleunigenden Fasern erregt würden. Ein auf die letzteren in ähnlicher Weise wie das Nicotin und Atropin auf die Hemmungsfasern wirkendes Gift liess sich bisher nicht finden.

Bemerkenswerth sind ferner die Veränderungen, welche die Form der Curve während der Reizung der Beschleunigungsfasern erleidet. Sie sind gewissermassen das Gegentheil von denen, die bei der Reizung der Hemmungsfasern zur Beobachtung kommen. Denn während im letzteren Falle die Spannung des in der Diastole befindlichen Herzens bis zum Eintritt des Herzstillstandes im Allgemeinen continuirlich geringer wird, wächst dieselbe hier, so dass die Excursionen erheblich kleiner ausfallen; hierbei ist nur eine mässige Abnahme der systolischen Erhebungen betheiligt. Die Curve nimmt eine ausgesprochene te-

tanische Form an, die sich schon zu einer Zeit bemerkbar macht, wo die Pulsfrequenz noch nicht deutlich zugenommen hat, wie aus den beiden Curven ersichtlich ist. Einen systolischen Stillstand des Herzens durch Reizung der beschleunigenden Fasern hervorzurufen, ist indess bisher nicht gelungen.

Was die Endigungsweise der beschleunigenden Fasern betrifft, so macht die lange Dauer der Nachwirkung es wahrscheinlich, dass sie wie die hemmenden mit Ganglienzellen in Verbindung stehen, die jedoch mit den Hemmungsganglien nicht identisch sein können, weil letztere durch das Atropin gelähmt werden, und weil die Vagusreizung am nicotinisirten Herzen auf sie ohne Einfluss bleibt, obgleich sie von dem Gifte nicht alterirt sind. Es ist auch nicht anzunehmen, dass die Beschleunigungsfasern mit solchen Ganglien in directe Verbindung treten, von welchen die rhythmischen Bewegungen des Herzens vielleicht abhängig sind, weil bei directer Reizung des atropinisirten Herzens keine längere Periode der latenten Reizung der Beschleunigung der Herzcontractionen vorausgeht.

Da das Atropin schon in sehr kleinen Mengen (das Minimum beträgt $^1/_{200}$ Milligr.) die Hemmungsapparate im Herzen vollständig functionsunfähig macht, ohne andere nachweisbare Störungen der Herzthätigkeit hervorzubringen, so kann es als Mittel dienen, um die Wirkung dieser Apparate überall da auszuschliessen, wo es sich darum handelt, ihre Betheiligung an dem Zustandekommen bestimmter Erscheinungen, die das Herz unter normalen oder anderen Verhältnissen bietet, kennen zu lernen. Zu solchen Erscheinungen gehört unter anderen der durch die bekannten *Stannius*'schen Ligaturen oder den sie ersetzenden Schnitt verursachte Herzstillstand, der von *Heidenhain* ausschliesslich von *Bezold* zum Theil von der durch die Operation bedingten Erregung der Hemmungsapparate abhängig gemacht wird, während namentlich *Bidder*, *Eckhard* und *Goltz* die Anschauung vertreten, dass er ohne Mitwirkung der Hemmungsapparate in Folge der Abtrennung gewisser Herztheile durch die Ligatur oder den Schnitt zu Stande komme. Die Bedeutung solcher Versuche am atropinisirten Herzen ergiebt sich hiernach von selbst. Die Resultate derselben sprechen in unzweideutiger Weise dafür, dass dieser Herzstillstand nicht durch eine Erregung der Hemmungsvorrichtungen bedingt werde. Denn auch nach der Lähmung der letzteren durch das Atropin lässt sich derselbe

wie am normalen Herzen durch eine zwischen dem Venensinus und der Herzfurche angelegte Ligatur oder einen entsprechenden Schnitt hervorrufen und zeigt hier wie dort dieselben Unregelmässigkeiten in Bezug auf sein Eintreten, seine Dauer und andere dabei in Frage kommenden Verhältnisse, während er im Grossen und Wesentlichen in beiden Fällen in gleicher Weise sich darstellt, bis auf den geringen Unterschied, dass am atropinisirten Herzen nach dem Anlegen der Ligatur, wenn nicht unmittelbar Herzstillstand folgt, letzterem zuweilen eine Beschleunigung der Herzcontractionen vorausgeht, die am normalen Herzen zu fehlen scheint. Dieses Ausbleiben der Beschleunigung im letzteren Falle könnte vielleicht die Folge der Erregung der Hemmungsapparate durch die Ligatur sein. Zuweilen folgt auch am atropinisirten Herzen nach dem Anlegen der Ligatur sofort eine Verlangsamung der Pulsationen, die bald in Stillstand übergeht; meist tritt letzterer ein, nachdem nur 1—2 Contractionen vorausgegangen sind. Dieses verschiedene Verhalten in den einzelnen Versuchen scheint, wie auch für das normale Herz von verschiedenen Seiten hervorgehoben worden ist, von dem Orte des Schnittes oder der Ligatur abhängig zu sein. Der unmittelbare Stillstand tritt am häufigsten ein, wenn die Ligatur ganz nahe der Sinusgrenze angelegt wird, ohne den Sinus selbst zu erreichen. Falls letzteres geschieht, so tritt überhaupt kein Stillstand ein. Die Ligatur in der Nähe der Atrioventricularfurche bringt niemals sofortigen Stillstand hervor, es gehen ihm eine Reihe beschleunigter oder verlangsamter Herzcontractionen voraus. Die oberhalb der Ligatur liegenden Theile: Hohlvenen, Sinus und Parthien der Vorhöfe pulsiren wie nach dem Anlegen der Ligatur am normalen Herzen ununterbrochen fort.

Aus diesen Ligaturversuchen am atropinisirten Herzen lässt sich schliessen, dass das von dem Venensinus getrennte Herz nicht im Stande ist, dauernde rhythmische Pulsationen auszuführen.

Wenn man um die Vorhöfe eines mit Muscarin zum Stillstand gebrachten Herzens eine Ligatur anlegt, so dauert der Stillstand fort; nach der Application von Atropin beginnen nur die oberhalb der Ligatur liegenden Theile zu pulsiren, während der Ventrikel und die zwischen ihm und der Ligatur befindlichen Parthien der Vorhöfe in der Ruhe verharren. Trifft die Ligatur die Querfurche des Herzens, so fängt der Ventrikel auch

ohne Atropin zu pulsiren an; doch hören die Pulsationen bald wieder auf, was sofort geschieht, wenn die Ligatur entfernt wird. Dasselbe hat *Goltz* [1]) am normalen Herzen beobachtet und schliesst hieraus, dass die Ligatur an dieser Stelle trennend und quetschend (reizend) wirkt. Nach Entfernung der Ligatur hört die Quetschung der Ventrikelganglien auf und mit ihr die Ventrikelpulsationen, während die Trennung bleibt, also dauernder Stillstand eintritt. Mit dieser Anschauung stehen die eben angeführten Versuche völlig in Einklang.

---

1) *Virchow's* Arch. Bd. 21. p. 201.

Dr. Genersich, *Die Aufnahme der Lymphe durch die Sehnen und Fascien der Sceletmuskeln.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Nach *v. Recklinghausens*, *Ludwigs* und *Schweigger-Seidels* Arbeiten über die Lymphgefässe des Centrum tendineum schien es sehr wahrscheinlich, dass nicht nur dieses, sondern auch andere aponeurotische Gebilde in näherer Beziehung zum Lymphgefässsystem ständen. Auch die Untersuchungen *Ranviers*, der nachwies, dass die zwischen den Sehnenbündeln befindlichen Spalten mit Reihen glatter Zellen ausgekleidet sind, wies auf die Richtigkeit dieser Voraussetzung hin.

Die Professoren *Ludwig* und *Schweigger-Seidel* hatten daher schon vor längerer Zeit, vor drei Jahren etwa, Versuche gemacht, die Lymphgefässe solcher Gebilde durch Einstich mit Berlinerblau zu injiciren und dabei auch wirklich positive Resultate erhalten.

Obwohl schon diese Injectionen das Vorhandensein sehr zahlreicher Lymphgefässe in den Sehnen und Aponeurosen ganz sicher stellten, blieb es immerhin fraglich, von wo aus diese Lymphgefässe in der normalen Lage mit Lymphe gefüllt werden, welche Bedingungen die Füllung derselben ermöglichen und erleichtern, kurz welche physiologische Bedeutung dieser anatomischen Einrichtung zukömmt. Darum war ich sehr bereit auf Vorschlag und unter dem Beistand des Herrn Prof. *Ludwig* diesen Verhältnissen durch das Experiment näher zu treten.

Gleich bei den ersten Injectionen durch Einstich zeigte es sich, dass dieselben nur unter gewissen Bedingungen gelingen. Abgesehn davon, dass man beim Einstich wohl darauf achten muss, dass die Nadelspitze sammt der Oeffnung auch wirklich

im Gewebe der Aponeurose steckt, muss der Theil möglichst straff gespannt und die Injection unter sehr geringem Druck ausgeführt werden. Aber selbst bei aller Vorsicht sind Extravasate kaum zu vermeiden, — die Lymphgefässe werden nur in kleinen Bezirken gefüllt und das hie und da hervorquellende Berlinerblau macht auch die gut injicirten Stellen unkenntlich.

Aus diesem Grunde schien es erwünscht, die Injection mit andern Flüssigkeiten zu versuchen. Nachdem verschiedene Farbstoffe in wässeriger Lösung mit demselben ungünstigen Erfolg gebraucht waren, erwies sich als die zweckmässigste Injections-Masse das käufliche Alkanin in Terpentinöl gelöst. Diese Lösung bietet zur Injection feiner Canäle sehr grosse Vortheile. Da sich das Terpentinöl mit wässerigen Flüssigkeiten nicht mischt, ist es bei Anwendung desselben unmöglich, durch Imbibition getäuscht zu werden, — die Injections-Masse verbindet also mit einer ganz ausserordentlichen Feinheit und Durchdringlichkeit den Vortheil eines körnigen Farbstoffes und geht nur in wirkliche Canäle ein; — sie verursacht keine Anquellung der Gewebe wie die wässerigen Flüssigkeiten, noch ein Zusammenschrumpfen, wie die alkoholischen Farbstoffe, so dass auch minimale Oeffnungen durchgängig bleiben; — endlich lässt sich ein zufälliges Extravasat mit reinem Terpentinöl sehr leicht wieder ganz abspülen. Da das Alkanin in Terpentinöl sehr löslich ist, kann man die Injections-Masse recht intensiv färben, so dass die Präparate makroscopisch ganz gut aussehen. — Doch will ich nicht verschweigen, dass mit diesen Vortheilen auch viele Nachtheile verknüpft sind. Die Alkaninlösung wird beim Trocknen des Präparates ausgepresst, in Alkohol löst sie sich, in Glycerin und wässerigen Conservirungs-Medien bleibt sie flüssig, in alkalischen Flüssigkeiten wird sie blau, und endlich sind die Präparate zur mikroscopischen Untersuchung gar nicht geeignet. Auch ist der Farbstoff mit einer ausserordentlichen Intensität und Unvertilgbarkeit begabt, die beim längeren Gebrauche den Händen des Beobachters recht lästig wird.

Die Injection durch Einstich gelang am besten bei folgendem Verfahren. Die Aponeurose wird sammt den mit ihr verwachsenen Muskeln und der bedeckenden Haut herausgeschnitten und straff gespannt auf einem Brett in der Art befestigt, dass die den Muskeln zugekehrte Fläche nach oben sieht. Diese Oberfläche wird dann mittelst scharfer Scheere sorgfältig vom weichen

Bindegewebe gereinigt, dann wird die feine Cantile einer *Pravatz*-Spritze unter sehr schiefem Winkel in die Substanz der Aponeurose gebohrt und eine Probeinjection gemacht. Ist der Einstich gelungen, so erscheinen alsbald feine Striche, die von der Einstichstelle aus den Fibrillenbündeln entlang laufen. Nun legt man auf die Aponeurose ein Glasplättchen von der Grösse eines Objectträgers, in dessen untere Wand eine Furche für die Cantile ausgeschliffen ist, und injicirt unter ganz geringem Druck, währenddem ein Gehilfe mit zwei aufgelegten Fingern abwechselnd hier und dort das Glasplättchen andrückt. Auf diese Weise gelingt es leicht, von einer Anstichsöffnung aus 2—3 □Zoll grosse Strecken der Aponeurose vollständig und rein zu injiciren. Der Druck mit dem Glasplättchen ist absolut erforderlich, weil sonst die Injection aus natürlichen und künstlichen Oeffnungen allenthalben hervorquillt und desswegen nur ganz umschriebene Stellen injicirt werden.

Um den Gehilfen entbehren zu können und einen gleichmässigen sanften Druck zu erhalten, kann man hier sehr zweckmässig das Druckgefäss mit Manometer gebrauchen, welches *Ludwig* und *Zawarykin* bei der Injection der Nieren angewandt haben. Das mit dem Manometer versehene Gefäss wird mit der Injections-Masse gefüllt und wenn beim Heben der andern Flasche das Quecksilber durch die untere Seitenöffnung hinüberfliesst, wird die leichtere Terpentinlösung in den Schlauch getrieben, der an das Glasrohr des durchbohrten Gummipfropfens angebracht ist, welcher die obere Mündung des Manometergefässes luftdicht verschliesst. An das Ende dieses Schlauches ist eine feine Einstich-Cantile gesteckt. Eine Klemme unmittelbar ober der Cantile an den Schlauch gelegt macht es möglich, die Injection nach Bedürfniss zu beginnen und zu sistiren.

Die erhaltenen Präparate erinnern ganz lebhaft an entsprechende des Centrum tendineum, insbesondere zeigt sich diese Aehnlichkeit darin, dass an der Seite der Aponeurose, welche der Muskulatur zugewandt ist, die injicirten Orte als Streifen erscheinen, die den Fibrillen-Bündeln entlang laufen und nur selten hie und da durch Querstreifen verbunden sind, währenddem auf der andern der Haut zugewandten Oberfläche quer und geschlungen verlaufende Kanälchen mit einander communiciren und ein zierliches mehr weniger dichtes Netz bilden. Gegen die Muskelansätze der Aponeurosen vereinigen sich mehrere dieser feinen Zweige zu

dünnen Stämmchen, die alsbald aus dem Sehnengewebe austretend im lockeren Bindegewebe den Muskelmassen zustreben und in dieselben eindringen. Auch begleiten zarte Lymphgefässstämmchen die etwas stärkeren Arterien und Venen der Aponeurose.

Bei dem Missverhältniss zwischen der Blutarmuth und dem ausserordentlichen Reichthum an Lymphgefässen in den Aponeurosen und bei der Aehnlichkeit des Injectionspräparates mit dem Centrum tendineum erschien es a priori höchst wahrscheinlich, dass die Aponeurosen in den Extremitäten bei der Lymphresorption eine ähnliche Rolle spielen, wie das Zwerchfell. Ueber die Fascia lata injicirte flüssige und feinkörnige Farbstoffe wurden jedoch anfangs weder durch directen Druck noch durch Muskelcontractionen zur Resorption gebracht, auch gelang dies nicht, wenn man die ausgeschnittene Fascie in einen Rahmen spannte, auf dieselbe Injections-Massen brachte und sie dann hinunter zerrte.

Erst bei Anwendung der Alkaninlösung gelang auch die natürliche Injection. Wenn man eine Aponeurose über die weite Mündung eines umgekehrten Trichterchens aufgespannt festbindet, einige Tropfen Alkaninlösung auf ihre nach oben gerichtete Muskelfläche giesst und mittelst eines an das enge Rohr des Trichters angesteckten Kautschukschlauches durch rhythmisch wiederholtes Ansaugen der im Trichter befindlichen Luft ein gleichmässiges An- und Abspannen der Aponeurose bewirkt, so zeigen sich schon nach 10—20 Minuten langem derartigen Pumpen, beim Abspülen des aufgegossenen Alkanins auf der Oberfläche ähnliche Streifen, wie nach dem Injiciren durch Einstich und auf der andern, der Höhlung des Trichters zugewandten äussern Seite zierliche Netze von Lymphgefässen.

Später gebrauchte ich folgenden Apparat zum Injiciren des Alkanins. In das freie Ende des an den Trichter gesteckten Gummischlauches befestigte ich das untere Rohr einer grossen ovalen Kugelpipette. Letztere knüpfte ich an das Ende einer Schnur, welche auf zwei an der Stubendecke angebrachten Rollen lief und in der entgegengesetzten Ecke an einen Eisenstab gebunden war, der in der Richtung des Radius an ein Rad geschraubt ist, welches durch die *Otto-Langen*'sche Gasmaschine beliebig häufig 10—60mal in der Minute um seine Achse gedreht wird. Den umgekehrten Trichter klemmte ich in die Branchen eines Retortenhalters und füllte, während die Kugel-

pipette hoch stand, so viel Quecksilber in dieselbe, dass es durch den Kautschukschlauch in den Trichter fliessend denselben bis zur Hälfte anfüllte. Nun band ich die auf ihrer Muskelfläche sorgfältig vom Bindegewebe befreite Aponeurose straff gespannt auf den Trichter, steckte auf denselben ein circa 6 Ctm. hohes entsprechend weites Kautschukrohr, in dessen obere Mündung ein etwa 6 Ctm. langer Glascylinder eingeführt war. In diesen Glascylinder goss ich die Alkaninlösung, so dass die Muskelfläche der Aponeurose mit einer 2—3 Centimeter hohen Schichte bedeckt war. Nun liess ich das Rad laufen, bei dem jedesmaligen Umdrehen senkte sich die Pipette um 4 bis 8 Ctm., das Quecksilber strömt aus dem Trichter in jene und die Aponeurose wird 10—60 Mal in der Minute leicht eingezogen und beim Aufsteigen der Kugelpipette wieder entspannt. Nach $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ Stunde war die Aponeurose gewöhnlich mehr weniger vollständig injicirt.

Andere Injections-Massen, Carmin, Berlinerblau, Orleans, Zinnober und Milch habe ich bei dieser Injections-Methode immer nur mit negativem Erfolg gebraucht, hingegen gelang dieselbe ausser mit terpentiniger auch mit ätherischer Alkaninlösung.

Bei den verschiedenen Methoden erhielt ich die besten Präparate vom untern Theil der Fascia lata, doch auch die Fascia antibrachialis, Cruralis, das äussere Blatt der Rectusscheide gab ganz überzeugende Präparate. Das innere Blatt der Rectusscheide von der Peritonealfläche her injicirt zeigte an derselben wiederholt rothmarmorirte Flecke und es füllte sich von hier aus auf der dem Rectus zugewandten Fläche ein deutliches Lymphnetz, doch kann ich mich nicht von dem Verdacht befreien, dass in diesen Fällen vielleicht kleine Beschädigungen des Epithels am Peritonealüberzug vorhanden waren.

Zum Gelingen der Injection war es bei allen Aponeurosen conditio sine qua non, die weichen Bindegewebsfäden sorgfältig, aber ohne Verletzung der Fascie abzupräpariren. Diese Bindegewebsfäden, welche nach dem Abtrennen der Aponeurose jedenfalls eine andere Lage bekommen als in ihrer natürlichen Verbindung, verlegen die Oeffnungen der Lymphräume und verhindern so die natürliche Injection.

Da es mir noch in keinem Falle gelang, durch Einsaugen feine Körnchen in die Lymphgefässe der Aponeurosen zu injiciren, das aufgespannte Centrum tendineum aber auch nach der oben beschriebenen Methode behandelt in einigen Minuten nicht nur

mit Alkaninlösung, sondern auch mit allerlei körnigen Farbstoffen schnell injicirt wird, so glaube ich annehmen zu können, dass die Oeffnungen der Lymphspalten in den Aponeurosen viel kleiner und eben nur zur Resorption von solchen Flüssigkeiten berechnet seien, die keine Quellung des Gewebes verursachen.

Die Thatsache, dass eine vom Körper abgetrennte Aponeurose die auf ihre innere Oberfläche gebrachte Flüssigkeit in sich einpumpt, brachte es sehr nahe, dass die Muskelbewegung, bei welcher ja auch Fascien und Aponeurosen zeitweise stärker gespannt werden und erschlaffen, durch Aufsaugung der in und um die Muskelmassen abgeschiedenen Lymphe bei dem Lymphstrom in muskulösen Organen eine wichtige Rolle spielen. Es war somit von Interesse zu erfahren, welchen Einfluss die Muskelcontractionen auf die Lymphausscheidung in den Extremitäten ausübt, die eben zum grössten Theil aus Muskeln und sehnigen Gebinden bestehen.

Bei der Unsicherheit und den grossen Schwierigkeiten der Operation am lebenden Thiere schien es angezeigt, den Versuch zu machen in eben getödteten Thieren mittelst künstlicher Blutdurchleitung sowohl Lymphausscheidung, als Contractilität der Muskeln aufrecht zu erhalten, und das Verhältniss der bei Ruhe und der bei Muskelaction ausfliessenden Lymphe zu notiren.

Zur Blutdurchleitung benutzte ich einen sehr einfachen Apparat. Nachdem der Boden einer gewöhnlichen cylindrischen Flasche von circa 2 Liter Inhalt abgesprengt war, verschloss ich die enge Mündung derselben mit einem Korkpfropfen, der von einem Glasrohr durchbohrt und mittels Siegellack fixirt wurde. An das Glasrohr des Pfropfens befestigte ich mit Bindfäden einen bei $1^1/_2$ Meter langen Kautschukschlauch, in dessen freies Ende ein *T*–Rohr eingebunden war. Der zweite Ast des *T*–Rohres steckte in einem 0·5 Meter langen Gummirohr mit weiter Canüle am freien Ende. Ich will dies Rohr Zuleitungsrohr nennen. Am dritten fürs Manometer bestimmten Ast des *T*–Rohrs war ein ganz kurzer Kautschukschlauch gebunden.

Beim Gebrauche kehrte ich die erwähnte Flasche mit der weiten Oeffnung nach oben und klemmte den engen Hals derselben zwischen die Branchen eines grossen Retortenhalters. Dann wurde der Manometer–Schlauch, so wie auch das Zuleitungsrohr mittelst Schraubenklemmen gesperrt, das Blut in die Flasche gegossen und nun die Endmündung des

Zuleitungsrohres mit dem Blute in der Flasche in gleiches Niveau gebracht, die Klemme geöffnet, und hierauf die Endcanüle des Zuleitungsrohres langsam gesenkt bis das Blut in vollem Strahle herausfloss. Alsbald schloss ich die Klemme und trieb durch dasselbe Manoeuvre auch aus dem Manometerrohre die Luft hinaus. Dann füllte ich den kürzern Arm des Manometers mit Blut und befestigte daran den dazu bestimmten Schlauch des *T*-Rohres. Durch Heben der Flasche am Retortenhalter konnte der Druck im Zuleitungsrohre beliebig gesteigert und an dem mit dem Präparat in gleiche Höhe gebrachten Manometer abgelesen werden.

Um dem Druck einen veränderlichen Werth zu geben, band ich die umgekehrte Flasche an die schon oben erwähnte Schnur, die auf zwei an der Zimmerdecke angebrachten Rollen laufend endlich an einen Eisenstab geknüpft ist, welcher an ein Rad geschraubt, sammt demselben durch die Maschine beliebig oft umgedreht wird. Beim Arbeiten der Maschine wurde somit die Flasche mehr oder weniger häufig auf eine beliebige Höhe gehoben und so die Blutströmung der im lebenden Thiere ähnlicher gemacht.

Zu Beginn der Operation liess ich den Hund aus einer Carotis communis mittelst eingeführter Canüle verbluten und sammelte das Blut unter fortwährendem Herumrühren so lange, bis es nicht mehr im vollen Strahle floss, dann zog ich die Schleife unter der Canüle zusammen, liess das Thier sich erholen und machte den Apparat zurecht. Nachdem das defibrinirte und durch einen Leinwandlappen durchgeseihte Blut aufgegossen, die Schläuche und das Manometer gefüllt waren, kurz Alles zur Blutdurchleitung bereit stand, öffnete ich die Carotis-Canüle aufs neue und zerstörte mittelst eingebohrten Spitzmeissels die Medulla oblongata. Das Blut floss nun wieder in starkem Strome aus und ich gewann auf diese Weise eine bei weitem grössere Quantität, als bei einmaligem Verbluten. Das zweite Blut war reicher an Serum, welches sich meist schon in ganz kurzer Zeit in einer mehrere Millimeter hohen klaren Schicht absetzte und enthielt weniger Fibrin. So war in

Versuch	im ersten Blut Ccm.	trocknes Fibrin pro Mill.	im zweiten Blut Ccm.	trocknes Fibrin pro Mill.	
18	880	1·4	600	0·5	•
19	520	3·7	300	3·2	kranker Hund.
20	950	1·7	1200	1·1	
22	460	1·9	770	1·3	

Dies zweite Blut ward zum Zwecke der Blutdurchleitung gleich nach dem Defibriniren dem ersten Blute beigemengt.

Wie bekannt verbluten alte Thiere sehr leicht, sie sterben oft schon nach dem ersten Aderlass und zwar nicht selten ohne Krämpfe und Agonie. Man erhält wenig Blut, der völlige Tod tritt ein, bevor Alles zur Blutdurchleitung bereit ist, und die Ernährungsflüssigkeit kommt zu spät. Aber auch im günstigsten Falle hört die Lebensfähigkeit des von alten Thieren genommenen Präparates ungleich früher auf, aus Gründen, die bis jetzt noch nicht näher definirbar sind. Es ist daher erwünscht junge Thiere zu diesem Versuche zu verwenden. Fette Hunde sind ebenfalls gar nicht zweckmässig.

Als auch die zweite Blutung stand, schnitt ich an der Leiche von der Gegend des Processus ensiformis aus zwischen 7ter und 8ter Rippe quer durch Haut, Weichtheile und Rippenknorpel bis in die Gegend der Axilarlinie, — spaltete mit der Scheere die vordere Bauchwand in der Linea alba bis unter den Nabel, löste das Zwerchfell von den Rippen ab und drückte die Harnblase aus, darauf umschnürte ich das Rectum möglichst tief im Becken doppelt, schnitt es quer durch, — unterband die Arteria meseraica inf. nahe zu ihrem Ursprung und durchtrennte sie Nun löste ich den Darm so weit es durch leichten Zug möglich vom Mesenterium. In der Gegend, wo die Arteria meseraica sup. entspringt, wird eine fernere Lostrennung durch leichten Zug unmöglich: hier führte ich den Finger in das Foramen Winslowii, umgriff den Stamm der Arteria coeliaca und Arteria meseraica sup. und umschnürte beide möglichst nahe zur Wirbelsäule mit einem starken Bindfaden, worauf unterhalb der Unterbindung Alles, was sich dem Lostrennen entgegen stemmte, mit einem Scheerenschlag durchschnitten wird. Dann umschnürte ich mit starken Fäden die Cardia sammt der Arteria coronaria ventric.

sin., welche meist so tief einspringt, dass sie bei der früheren Unterbindung nicht berührt wird, und trennte den Magen ab. Nach Unterbindung und Durchtrennung des Ligamentum hepato-duodenale wird der Magen sammt den Gedärmen aus der Bauchhöhle entfernt. Hierauf öffnete ich den Herzbeutel, unterband doppelt die untere Hohlvene und durchschnitt, währenddem ein Gehülfe die Hinterfüsse der Leiche in die Höhe hob, vena cava asc., oesophagus, aorta, ductus thoracicus, vena azygos, setzte den anfangs begonnenen Querschnitt bis an die Wirbelsäule fort, durchsägte dieselbe im 7ten oder 8ten Rückenwirbel und vollendete mit einigen Muskel- und Hautschnitten die Trennung der untern Körperhälfte von der obern. Nachdem der in die Leber und durch das Foramen quadrilaterum laufende Theil der vena cava mit starkem Doppelfaden im Ganzen zusammengeschnürt war entfernte ich die Leber so, dass zur Verhinderung des Abgleitens der Faden noch ein kleiner Theil von Lebersubstanz zurückblieb.

Nun führte ich in die Durchschnitts-Oeffnung der Aorta eine 15 Ctm. lange, bei sehr grossen Hunden noch längere möglichst weite Glascanüle so tief ein, dass das untere Ende beinahe die Theilungsstelle der Aorta erreicht, band sie oben ein und befestigte den Faden noch durch einen zweiten am Kautschuk-Ende der Canüle, um dem späteren Hinausgleiten derselben vorzubeugen. Nachdem ein Doppelfaden um den zwischen Leber und Niere gelegenen Theil der vena cava geführt und der obere zusammengeschnürt war, setzte ich unmittelbar unter der Unterbindung eine recht weite Canüle in die Vene ein. An dem Schlauchansatz dieser Canüle steckt das mit einem 20 Ctm. langen Gummischlauch versehene Ableitungsrohr.

Während nun ein Gehülfe das Präparat so hielt, dass die Aortencanüle mit der freien Oeffnung nach oben gerichtet war, füllte ich dieselbe mittelst langgespitzter Pipette vorsichtig mit Blut an, steckte das Zuleitungsrohr in den Gummischlauch der Arteriencanüle, öffnete die Klemme und liess das Blut unter niederem Druck (etwa 40 ^{mm} Quecksilber) in die Arterie strömen. In ganz kurzer Zeit begann das Blut aus dem Ableitungsrohre der Vene im Strom auszufliessen, doch musste man anfangs durch wiederholtes Ausdrücken der Vene das angestaute Blutgerinsel auspressen, ja nicht selten das Ableitungsrohr ganz abnehmen um die Gerinsel zu entfernen. Das im Becherglase

oder Messcylinder aufgefangene Blut wurde in einem Glaskolben mit atmosphärischer Luft so lange geschüttelt bis es hellroth war, dann durchseiht und wieder aufgegossen.

Gleich nach Beginn der Circulation wurden mittelst starkem Bindfaden die Nierengefässe im Ganzen zusammengeschnürt. Ferner unterband ich auch das ganze Bündel der vasa spermatica in der Bauchhöhle. Beim Weibchen umschnürte ich die in den Hilus ovarii tretenden Gefässe und ebenso den Uterus in der Vaginalportion. Ich will gleich hier bemerken, dass die Lymphgefässe der Niere sehr häufig, die des Hodens aber ganz ausnahmslos und zwar schon in recht kurzer Zeit mit reiner Lymphe strotzend gefüllt waren.

Seitdem ich so weite und lange Cantilen für die Aorta gebrauchte, welche dieselbe ganz ausfüllten und die oberen Seitenzweige der Aorta von der Circulation ausschlossen, waren die Blutungen beim künstlichen Blutlauf sehr unbedeutend. Höchstens war hie und da ein Ast der Art. diaphragmatica oder der epigastrica descendens noch besonders zu unterbinden. Nur bei Anwendung eines höhern Druckes von über 80^{mm} Quecksilber war es nöthig die Ränder des Bauchschnittes mit Nadel und Zwirn einzusäumen. Bei Stauungen im Ausfluss des venösen Blutes treten alsbald copiöse Blutungen aus den durchschnittenen Venen auf, insbesondere aus der Vena azygos und den Rückenmarkssinus. Diese Blutung stillte ich dadurch, dass ich einen Kork in den Wirbelcanal eintrieb und die Wirbelsäule unterhalb der obersten Rippe des Präparates mit einem starken Bindfaden umschnürte.

Die Lymphcanüle führte ich in den untern Theil des ductus thoracicus ein. Da die Cysterna chyli sich beim Hunde gewöhnlich bis zwischen den 11ten und 12ten Wirbel erstreckt, wählte ich meist die Stelle zwischen 9tem und 11tem Wirbel; — doch hängt dies immer von der Individualität ab. Brückenbildungen sind nemlich am ductus thoracicus kein seltenes Vorkommniss, man muss immer auf diesen Fall bedacht sein und es ist nothwendig nach Ablösung der Pleura und Zerreissung des lockeren Bindegewebes einen grösseren Theil des ductus thoracicus zu präpariren und in eine solche Stelle einzubinden, die verhältnissmässig weit erscheint. Auch bei der Lymphcanüle ist es rathsam den Einbindungsfaden durch ein besonderes Band am freien Ende der Canüle zu befestigen.

Zum Auffangen der Lymphe benutzte ich 0·8 bis 1 Ctm. weite an einem Ende zugeschmolzene, 10 Ctm. lange dünnwandige Glasröhrchen, deren Mündung mittelst eines doppelt durchbohrten Korkes verschlossen war. Im Kork steckt ein gebogenes Glasröhrchen, das durch einen kurzen Kautschuk-Schlauch mit der Lymphcanüle verbunden wird und ein anderes ganz dünnes Glasröhrchen um die Luft austreten zu lassen. Dieses Eprouvetten-ähnliche Sammelgefäss war durch einen Faden an der rechten Seite der Wirbelsäule leicht fixirt und hing von der auf dem Rücken liegenden Leiche senkrecht herab. An dasselbe war eine Mm-Skala geklebt um den Zuwachs an Lymphe bestimmen zu können.

Blutstrom.

Bevor ich auf die Resorption der Lymphe im überlebenden Körpertheile eingehe, will ich der Circulation des Blutes mit einigen Worten gedenken.

Zu Anfang der Durchleitung fliesst das Blut auch bei ganz geringem Druck etwa 30—40 ^{mm} Quecksilber im starken Strahle aus der Vene und wenn auch hie und da durch Gerinselbildung kleine Unregelmässigkeiten im Ausfluss verursacht sind, können dieselben sehr leicht ausgeglichen werden. Anders gestalten sich die Erscheinungen später. Nach etwa zwei Stunden, nicht selten schon früher, wird das Abfliessen langsamer und wenn im Anfang 80—100 Ccm. Blut in der Minute aus dem Ableitungsrohr strömten, kommen einige Stunden nachher nur 14—10—5 Ccm. heraus. Steigert man nun den Druck, dann fliesst eine Zeit lang wieder eine grössere Quantität aus, doch bald sinkt die Menge des ausfliessenden Blutes wieder auf das frühere Minimum herab und man kann nach und nach zu einer drei- und vierfachen Druckhöhe steigen, bei welcher zahlreiche Ecchymosen entstehn und Blutungen an solchen Stellen auftreten, die bereits Stunden lang trocken gewesen sind, und doch beträgt die Menge des aus der Vene ausgeflossenen Blutes nur einige wenige Ccm.

Es lag jedenfalls in meinem Interesse den Grund dieser, dem Gelingen meiner Versuche feindlich entgegentretenden Circulationsstörung aufzudecken. Vor Allem war hier an die durch Concentration des Blutes bedingte veränderte Gestalt der Blutkörperchen als Ursache der Circulationsstörung zu denken. Aber abgesehn davon, dass die Verlangsamung des Blutstroms auch

nach der Verdünnung mit $^1/_2$ % Kochsalzlösung fortdauerte, ergab sich aus Folgendem eine andere Erklärung. Untersucht man nemlich zur Zeit der Verlangsamung die grösseren Arterien, so erscheint ihr Durchmesser sehr gering. Die kleinern Arterien erscheinen als weisse Streifen zwischen zwei rothen, die Art. epigastrica ascendens ist oft durchweg blutleer, aber auch Arterien 3ten und 2ten Ranges sind augenfällig verengt, mehr weisslich als roth, härter anzufühlen, etwa so wie das vas seminale. Wiederholt beobachtete ich an solchen Arterien spindelförmige Abschnürungen ohne die geringste Veränderung der Wandung. Die Störung ist somit nicht durch venöse oder andere Stauungen, sondern durch Arterienverengerung bedingt. Es könnte dieselbe vielleicht als eine Art Todtenstarre aufgefasst werden, doch sprechen dagegen mehrere Erscheinungen. 1) Die Verengerung der Arterien tritt meist ein, bevor noch in den Muskeln der geringste Grad von Starre bemerkt wird; die Muskeln reagiren auf den electrischen Reiz zwar immer schwächer, aber doch noch Stunden lang, und wenn auch endlich die Reizbarkeit erlischt, glaube ich annehmen zu können, dass dies eben vorzüglich durch die ungenügende Blutzufuhr bewirkt wird. 2) Durch anhaltende starke galvanische Reizung gelingt es am herauspräparirten Theile der contrahirten Arterie eine Ausdehnung zu bewirken. 3) Das den Arterien zugeführte Blut ist arteriel, das aus der Vene fliessende noch immer dunkel und es ist schwer zu begreifen, warum in den zur Lebensquelle am nächsten stehenden Gefässmuskeln der Tod gerade früher eintreten sollte, als an den entfernteren animalischen Muskeln. 4) Wenn man zu Beginn der Circulationsstörung von einem andern Thier gewonnenes ganz frisches Blut durchleitet, so dauert nichts desto weniger die Circulationsstörung noch immer fort und nimmt sogar noch zu. 5) Unterbricht man die Circulation für 10—20 Minuten in dem Zuleitungsrohr, so hört in Kurzem das Aussickern gänzlich auf; lässt man nun den Strom los, so fliesst das Blut eine Zeit lang sehr schnell durch, aber schon in einigen Minuten wieder langsamer. Dies Experiment kann man mehrmals mit demselben Erfolge wiederholen. Aehnliche Erfahrungen hat auch *Sadler*[1]) am Blutstrom im ausgeschnittenen Muskel gemacht und diese Erscheinung auf einen lokalen Er-

---

1) Arbeiten im phys. Laborat. zu Leipzig 1869, Seite 212.

stickungszustand der Gefässmuskeln zurückgeführt. 6) Wird durch Schliessen der Klemme des Zuleitungsrohres die Circulation so lange unterbrochen bis die Muskeln vollkommen starr und todt geworden sind und auf keinen Reiz mehr reagiren (10—12 Stunden lang) und lässt man dann wieder Blut einströmen, so geht es Stunden lang ganz schnell durch und es hängt nunmehr die Geschwindigkeit nur von der Druckhöhe ab. Bei einer Druckhöhe von circa 80 mm Quecksilber strömt es gewöhnlich im continuirlichen Strahle aus dem venösen Ableitungsrohr. Die früher verengten Arterien dehnen sich nun ganz bedeutend aus und dort, wo früher spindelförmige Erweiterungen waren, ist nun die Arterie auch gleichmässig cylindrisch geworden. In Versuch 19 war an der linken art. cruralis 8 Stunden 48 Min. nach dem Tode, als bei einem Druck von 102—112 mm Quecksilber nur 7·5 Ccm. Blut ausflossen, der äussere Querdurchmesser nur 3 mm gross, hingegen 25 Stunden nach dem Tode, als bei einem Druck von 90 mm Quecks. 104 Ccm. Blut ausflossen, mass derselbe 4·8 mm und an der rechten art. cruralis war der Durchmesser von 3 mm bis auf 4·4 mm vergrössert. In Versuch 20, in welchem 10 St. 44 Min. nach dem Tode unter einem Druck von 107 mm Quecksilber 10 Ccm. Blut ausflossen, mass die linke Cruralis im äussern Querdurchmesser 4 mm, die rechte 5 mm; letztere zeigte unterhalb der Messungsstelle eine spindelförmige Erweiterung von 5·7 mm Querdurchmesser. Als nach 12 St. 40 Min. langer Unterbrechung des Blutstroms bei starker Todtenstarre unter demselben Druck 160 Ccm. Blut ausflossen, war der äussere Durchmesser links auf 6·5 mm, rechts auf 6·6 mm vergrössert, und von einer Spindelform gar nichts zu bemerken.

Nach diesen Erfahrungen glaube ich annehmen zu können, dass die Behinderung der Circulation des arteriellen defibrinirten Blutes im Gefässsystem eines vom Körper abgetrennten Theiles durch eine langandauernde Contraction der Arterien-Muskulatur, durch einen Gefässkrampf, bedingt sei.

Der Gefässkrampf scheint zuerst in den Gefässen der Haut aufzutreten; wo immer man in dieselhe einschneidet, findet man gleich zu Beginn des Versuchs eine ganz ausgesprochene Anämie, und selbst aus den grösseren Hautgefässen sickert nach dem Durchschneiden nur sehr wenig Blut aus.



Ueber die Circulationsverhältnisse möge die beigefügte Tabelle einigen Aufschluss geben.

Uebersicht über die Erscheinungen der Blutcirculation in den überlebenden Extremitäten.

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
14	40	1	—	circa 80	Erwachsene Hündin.
		1	30	circa 45	Blutmenge 600 und 430 =
		4	7	10	1030 Ccm Beginn der Durch-
		8	—	8·5	leitung 30 Min. nach dem
	80	8	15	35	Tode.
		9	15	30	das Blut schon etwas decom-
		9	26	21	ponirt.
		9	42	14	Muskelcontraction sehr
		10	24	10	schwach.
	104	10	45	14	
		10	50	12	
	0	10	57	—	Stillst. bis 11·8 = 11 Min.
	104	11	10	40	
		11	18	11	
	0	11	23	—	Stillst. — 11·37 = 14 Min.
	104	11	38	38	
		11	42	7	
		11	45	5	
	0	11	44	—	Stillst. — 12·2 = 18 Min.
	104	12	3	45	
		12	10	5	
	0	12	11	—	Stillst. — 24 = 11 St. 50 Min.
	104	24	5	5	totale Muskelstarre.
		24	15	25	das Blut ganz lackfarbig.
		24	23	30	24 St. 11 Min. Zusatz von
		24	30	44	200 Ccm. 1/2 % Kochsalzlös.
					Junger räudiger Hund.
19	44	0	35	circa 80	Blutmenge 520 und 300 =
	44—54	1	33	circa 38	820. Beginn der Blutdurch-
		1	51	33	leitung 13 Min. nach dem
		2	23	20	Tode. Um 2·35 — von einem
		2	30	18	andern eben getödteten Hund
		2	45	12	300 Ccm. Blut zugefügt.
	75—85	2	48	3	
		3	10	8	
	94—104	3	22	8·5	
		3	23	8·5	
		3	24	10	
		3	28	9	
		3	30	8	Durchmesser der rechten art.
		3	56	10	cruralis 3 mm

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
19		3	58	9	
		3	59	10	
		4	11	11	
		4	56	9·5	
		5	11	10	
		5	19	10·5	etwas Todtenstarre.
	auf. 102—112	5	54	21·5	
		6	6	20·5	
		6	18	19·5	
		6	21	20	
		6	22	21	
		6	23	23	
		6	43	17	
		7	2	17	
		7	3	15.5	
		7	43	14	
		7	45	13	
		7	46	12·5	
		7	47	11	
		7	55	10·5	
		7	57	9	
		8	—	8·5	die Contractionen sehr
		8	28	8·5	schlecht.
		8	48	7·5	Durchmesser der linken Cru-
		9	12	8	ralis 3 mm
		9	13	8	8 St. 58 M. Zusatz von 325 Ccm.
		9	14	7	1/2% Kochsalzlösung.
		9	15	8	
	0	9	58		Stillst. bis 10 8 = 10 Min.
	102—112	10	9	circa 80	
		10	14	7	
		10	20	5	
	0	10	23	.	Stillst. bis 10·34 = 11 Min.
	102—112	10	35	circa 80	
		10	40	7	noch ganz geringe Reaction.
	0	11	13		Stillst. bis 24·23 = 13 St. 10 M.
	90	24	30	circa 100	starke Todtenstarre.
		25	29	104	die Gefässe erweitert.
		26	33	90	rechte Cruralis 4·4 mm, linke
		27	38	circa 90	4·8 mm, das abfliess. Blut ar-
					teriell.
					Grosser alter Hund.
20	50	1	5	circa 90	Blutmenge: 950 und 1200 =
		1	25	circa 60	2150 Ccm.
	58 - 68	2	5	83	Beginn der Blutdurchleitung
		3	32	100	33 Min. nach dem Tode. Im
		3	40	99	rechten Schenkel war die Re-
		4	5	99	action von Anfang an schlecht,

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
20		4	15	96	um $5^1/_2$ Uhr schon Beginn der Todtenstarre.
		4	55	88	
		5	10	100	
		5	31	90	
		5	46	90	
		7	10	60	
	70—78	7	25	90	
		7	52	50	
		7	57	56	
		8	20	68	
	70—78	8	29	72	
		9	10	30	Sehr schwache Reaction und in vielen Muskeln keine. 9 St. 22 M. Steigerung des Drucks und Zusatz von 250 Ccm. $^1/_2$% Kochsalzlös. 9 St. 56 M. Steig. des Drucks auf 107. Die linke art. crur. im Querd. 4 mm, die rechte 5 mm, letztere eine spindelförmige Erweit. v. 5·7 mm Durchm.
		9	20	30	
	90	9	25	60	
		9	37	24	
		9	45	22	
	107	10	9	44	
		10	40	10	
		10	41	10	
	0	10	42		Unterbrech. bis 11·15 = 33 M.
	107	11	17	68	
		11	30	34	
	0	11	31		Unterbrech. bis 24·10 = 12 St. 40 Min.
	107	24	15	160	starke Todtenstarre. Die linke cruralis 6.5 mm, die rechte 6·6 mm. Die spindelförmige Erweiterung ausgeglichen. Das Blut fliesst dann Stunden lang im Strome.
					Erwachsener Hund.
26	40 50	0	23	circa 60	Blutmenge 535 u. 740 = 1275. Beginn der Circ. 21 Min nach dem Tode.
		0	26	45	
	52 - 56	1	29	20	
		2	24	5·5	
	84—94	2	29	14	kaum noch Reaction.
		2	38	23	
	100—110	3	14	38	
		3	46	41	
		3	49	42	
		3	54	48	Reaction etwas besser.
		5	4	82	
	0	5	24		Unterbr. bis 6·34 = 1 St. 10 M.
		6	35	112	Schwache React. ist noch vorhanden. Blutm. 650 Cm.
		7	—	circa 115	

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
28	40-50	0	30	circa 30	Trächtige Hündin
	70-80	1	10	3	Blutmenge 260 und 160 = 420.
		1	50	3	Beginn der Blutdurchleitung
	92-102	1	55	12	24 Min. nach dem Tode.
		2	—	3	Kaum noch Reaction.
		2	25	3·5	
		3	31	9	
		4	27	13	
		4	40	21·5	Das ausfliessende Blut ist nicht
		5	30	30	mehr so venös. Um 4 52 beginnt die Todtenstarre. Um 5,30 nur noch 200 Ccm. Blut.
17	30-40	0	44	13	Kleiner alter Hund.
		0	54	9·6	Blutmenge 380 + 130 = 510.
	40-50	1	31	11	Beginn der Blutdurchleitung
	48-58	1	37	15·6	44 Min. nach dem Tode.
		1	51	13·6	Kaum noch Reaction.
	64-74	2	31	14·3	
		3	1	38	325 Ccm. 1/2 % Kochsalzlös.
		3	21	43	
		3	36	41	
		3	51	41	
		4	46	36	
		4	54	30	
		5	6	29	
		5	28	31	
		5	41	42	
		5	56	47	
		6	11	42	
		6	21	46	Gar keine Reaction.
		6	23	52	
		8	16	40	
		8	26	24	
		8	31	31	
	0	8	32	—	Unterbrechung bis 24.56 = 16
	74	25	1	22	St. 24 Min.
		25	2	31	Von da ab zwischen 30 und 40.
15	40-50	—	45	42	Alter mittelgrosser Hund.
		1	20	16	Blutmenge 450 und 210 = 660
		1	33	17	Ccm. Beginn der Blutdurch-
		2	18	20	leitung 32 Minut. nach dem
		2	43	24	Tode.
		4	45	37	Sehr schlechte Reaction. Das
		5	40	45	venöse Blut nicht so dunkel.
		6	30	37	Um 5·10 Min. Zusatz von 250
		6	56	35	Ccm. 1/2 % Kochsalzlösung.

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
15		7	25	34	Um $5^1/_2$ Uhr die Reaction etwas stärker. Das ausfliessende Blut auffallend hell. Nur im Psoas und den Gluteen Reaction.
		7	38	32	
		8	19	20	
		8	35	30	
		8	55	18	
		9	35	30	
18	40	0	25	100	Erwachsene Hündin.
		0	57	80	Blutmenge 880 u. 600 = 1480. Blutdurchleitung 20 Minuten nach dem Tode.
		1	17	27	
	16-56	1	30	26	
		2	10	23	
		2	25	18	
		2	55	28	
		3	5	14	
	50-60	3	12	23	
		3	29	22	
		3	31	21	
		4	15	25	
		4	35	25	Zusatz von 200 Ccm. $^1/_2$ % Kochsalzlösung.
	66-76	5	30	54	
		5	35	52	Schlechte Reaction.
		7	50	40	Beginn der Todtenstarre.
		8	30	32	
		8	58	24	
		9	10	28·5	Um 9·20 Zusatz von 160 Ccm. Kochsalzlösung.
		9	35	25	
		10	32	22	
	0	10	33	—	Unterbrechung bis 22·26 = 11 St. 53 Min.
	70	22	29	9	
		22	30	10	
		22	31	11	
		22	32	14	
		22	33	16	
		22	35	18	Die art. crurales beiderseits beinahe doppelt so weit als gestern.
		22	37	17	
		22	38	22	
		22	40	20	
		22	43	14	
		22	44	13	
		22	45	19	
		22	46	18	
		22	47	16	
		22	48	18	
		22	49	17	
		22	51	17	
	0	22	52	—	Unterbrechung bis 22·57 = 5 Minut. Nach der Oeffnung fliesst das Blut eine halbe
	70	23	1	12	
		23	2	14	

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
18		23	4	13	Min. lang im Strome, dann wieder in langsamen Tropfen.
		23	6	12	
		23	7	13	
		23	8	12	
		23	9	13	
		23	10	12	
		23	11	12	
	76	23	25	16	
		23	26	17	
		23	28	15	
		23	29	14	
		23	30	16	
		23	31	14	
		23	32	15	
		23	33	15	
	91	23	38	25	
		23	39	20	
		23	43	19	
		23	44	20	
		23	47	21	
	0	23	48	—	Unterbrechg bis 25·41 = 1 St. 53 Min.
	91	25	42	22	
		25	44	26	
		25	45	29	
		25	46	30	
		25	48	29	
		25	49	28	
	70	25	54	12	
		25	55	10	
		25	57	10	
		26	4	8	250 Ccm. ½ % Kochsalzlösung zugefügt.
		26	14	14	
		26	15	14	
		26	16	12	
		26	17	12	
		26	18	11	
		26	28	11	
		26	33	10	
		26	35	11	
		26	37	10	
22	40-50	—	34	circa 90	Grosser alter Hund
		—	39	circa 60	Blutmenge 460 und 770 = 1220 Ccm. Beginn der Blutdurchleitung 26 Minut. nach dem Tode.
	62-72	1	6	circa 80	
		1	56	28	
		2	24	29	
		3	13	50	
		4	16	45	sehr schlechte Reaction.
		5	16	37	

In Versuch 14 beginnt die Gefässcontraction anderthalb Stunden nach dem Tode, erreicht in 4 St. 7 Min. schon einen hohen Grad. Bei Steigerung des Druckes fliesst wohl für kurze Zeit mehr Blut aus, aber die Menge verringert sich rasch; nach 10 Minuten langer Unterbrechung der Circulation fliesst wohl in der ersten Minute bedeutend mehr Blut aus, aber schon nach wenigen Minuten sinkt die Quantität desselben auf ein Minimum ab. Nach 12 Stunden langer Sistirung des Kreislaufes fliesst bei vollkommener Todtenstarre das Blut viel schneller aus.

In Versuch 19 zeigen sich ganz ähnliche Verhältnisse, doch ist hier noch besonders interessant die rasche Steigerung des Gefässkrampfes nach dem Zusatz lebensfrischen Blutes von einem andern Hund und die Erscheinung, dass nach Zusatz einer bedeutenden Quantität Salzwassers die Menge des ausfliessenden Blutes nicht besonders alterirt wird.

Bei 20 tritt der Gefässkrampf erst 9 Stunden nach dem Tode auf und steigert sich gegen Ende des Versuchs. Nach 33 Min. langer Pause fliesst das Blut viel schneller durch, nimmt aber bald wieder ab. Nach 12 Stunden langer Unterbrechung fliesst das Blut unter einem gleichen Drucke stundenlang im Strome ab.

In 26 tritt die Gefässcontraction sehr schnell auf und hat in $2^1/_2$ Stunden nach dem Tode schon ihr Maximum erreicht (5 Ccm.), lässt aber sehr schnell nach; so dass 3 Stunden später schon 32 Ccm. Blut abfliessen. Nach 1stündiger Unterbrechung ist jedoch der Blutstrom noch viel schneller (113 Ccm.).

Ein ähnliches Verhalten finden wir im 28. Fall. Die Circulationsstörung hat hier schon 1 St. 10 Minuten nach dem Tode ihr Maximum erreicht und dauert an bis 2 St 25 Min. (3·5 Ccm.). Nun wird die Menge des ausfliessenden Blutes immer grösser und beträgt $5^1/_2$ Stunden nach dem Tod schon 30 Ccm.

Im 17. Versuch tritt der Gefässkrampf vielleicht wegen des verspäteten Eintritts der Circulation gleich beim Beginn auf, aber trotzdem dass die Blutgeschwindigkeit sich nach 2 Stunden bessert, war die Lebensthätigkeit der Muskeln vernichtet.

Bei 15 hat wohl auch schon $1^1/_2$ Stunde nach dem Tode der sonst wenig ausgesprochene Gefässkrampf sein Maximum erreicht (16 Ccm.), doch war hier mit dem Nachlass desselben (in $6^1/_2$ St. nach dem Tode 45 Ccm.) eine merkliche Besserung der Contractilität eingetreten.

In Versuch 18 verringert sich die Menge des ausfliessenden Blutes bis zur 3. Stunde, dann zeigt sich ein geringes Steigen und Fallen ohne ausgesprochenen Gefässkrampf. Dieser Fall ist der einzige, in welchem nach dem Eintreten vollständigen Absterbens und starker Todtenstarre unter gleichem Drucke weniger Blut durchfliesst als früher, trotzdem dass die vorher verengten Arterien bedeutend erweitert waren. Hier muss wohl eine Behinderung der Circulation in den Capillaren angenommen werden, entweder durch die Todtenstarre der Muskelsubstanz, oder was im Vergleich mit den früheren Versuchen plausibler erscheint, es war statt der früheren Contraction der grössern Gefässe eine Verengerung, vielleicht Todtenstarre, in den kleinen Gefässchen aufgetreten.

Bei 22 endlich war der Gefässkrampf sehr wenig ausgesprochen und dauerte sehr kurz.

Meine Bemühungen, die Ursache des Gefässkrampfes zu ermitteln, sind leider erfolglos geblieben. Der Druck ist bei der künstlichen Circulation viel geringer, als im lebenden Thier, — doch dauerte der Krampf auch bei Steigerung des Druckes fort, ja er wuchs mit demselben im gleichen Verhältniss. — Anfangs gebrauchte ich constanten Druck und es war somit denkbar, dass durch die gleichmässig andauernde Ausdehnung der elastischen Arterie die Muskeln derselben gereizt würden. Als ich dann durch Heben und Senken der Flasche den Druck rhythmisch änderte, trat der Krampf auch ein, hielt jedoch nicht selten nur kürzere Zeit an und es kamen Fälle vor, in denen er erst nach langer Zeit, z. B. in Versuch 20 erst 9 Stunden nach dem Tode auftrat, oder gar nicht recht ausgesprochen war, aber andere Fälle (19) beweisen, dass der Krampf trotz der discontinuirlichen Druckwirkung nicht nur auftritt, sondern auch recht lange andauern kann. Was für eine Rolle dem Erkalten des Blutes bei diesem Vorgange zufällt, habe ich bis jetzt noch nicht untersucht: denn abgesehn von den technischen Schwierigkeiten bringt die Erwärmung des Blutes so grosse Nachtheile mit sich, dass ich mich bis jetzt noch nicht zu einer Anwendung desselben entschliessen konnte. Inwiefern die Beschaffenheit des durchgeleiteten Blutes dabei einwirkt, kann ich bis jetzt nicht entscheiden, doch ist es gewiss, dass der Krampf ausnahmslos auftrat, als das Blut noch gar keine Zeichen der Zersetzung zeigte und nach dem Schütteln hellroth blieb, auch dauerte der Gefässkrampf fort und nahm zu, wenn ganz frisches Blut von einem andern Thiere durchgeleitet ward.

Was immer auch die Ursache des Gefässkrampfes sein mag, jedenfalls hat derselbe einen bedeutenden Einfluss auf das Ueberleben des Muskels. Bei allen Versuchen erlosch nach dem Auftreten eines starken Gefässkrampfes die Contractilität und selbst wenn er nur sehr kurze Zeit gedauert hat, wie in Versuch 26 etwa 2 Stunden, bessert sich bei schnellerer Circulation späterhin die Contractilität nur sehr wenig oder gar nicht. Doch will ich ganz besonders hervorheben, dass nicht selten die Muskelthätigkeit sehr schlecht wird, bevor noch ein ausgesprochener Gefässkrampf aufgetreten ist, wie bei Versuch 15, 20, 22 und somit eine gewisse Unabhängigkeit der Muskelcontractilität von der

Geschwindigkeit der Circulation nicht in Abrede gestellt werden kann. Die Contractilität hängt vorzüglich davon ab, wie bald nach dem Tode die Circulation begann.

Wie schon aus dem Früheren ersichtlich, benutzte ich zur Blutdurchleitung das eigene Blut des Versuchsthieres und gebrauchte von Anfang bis zu Ende jedes Versuches (mit einziger Ausnahme des 19ten) dasselbe Blut. Vor dem Gefässkrampfe und während desselben wird das eingeführte arterielle Blut im Durchfliessen stark venös; hatte der Gefässkrampf aufgehört und war die Lebensthätigkeit der Muskeln nahezu oder völlig erloschen, dann war das Blut des Ableitungrohres beim schnellen Durchfliessen immer heller, beinahe so hell, wie das arterielle Blut. Es ergeht hieraus, dass die noch lebenden Gewebe den dargebotenen Sauerstoff viel besser benutzen, als die abgestorbenen. In den meisten Fällen war das Blut auch zu Ende des Versuchs noch unzersetzt, nur einmal (in Versuch 14) zeigte in den letzten Stunden der Durchleitung (7 Stunden nach dem Tode) das Blut schon Zeichen der Zersetzung, es nahm beim längern Schütteln wohl noch eine hellrothe Farbe an, wurde aber schon in der Zuleitungsflasche dunkler und glich dem venösen, als es in die Aortencanäle gelangte. Dennoch hielt der Gefässkrampf an, und die Reizbarkeit der Muskeln blieb auch noch Stunden lang erhalten.

Zu Beginn der Durchleitung gerann das venöse Blut gewöhnlich schon im Hauptstamme der Vene, in der Canüle und dem Ableitungsrohre, und immer war bis zur vierten oder fünften Durchleitung der Blutmenge noch einiges Fibringerinsel vorhanden, welches nach dem Schütteln abfiltrirt wurde; späterhin war auch bei stundenlanger Durchleitung kein Fibrin mehr im Blute vorhanden.

Die Masse des durchgeleiteten Blutes nimmt sehr rasch ab und ist in 5—6 Stunden auf die Hälfte der ursprünglichen reducirt. Bei der unbedeutenden Menge der abgeschiedenen Lymphe und der geringen Blutung sind zweifellos die Wasserverdunstung und der Verlust beim Schütteln und Umfüllen als die hauptsächlichsten Ursachen der Verringerung der Blutmasse anzusehn. Das Blut wurde arm an Serum und der Eiweissgehalt des Serums stieg nicht unbedeutend. Der Wasserverdunstung könnte man ohne besondere Schwierigkeiten durch Modification des Apparates

Einhalt thun; für jetzt begnügte ich mich durch Zusatz $^1/_2$procentiger Kochsalzlösung den Fehler zu corrigiren.

Die Befunde der chemischen Untersuchung des frischen und durchgeleiteten Blutes und Blutserums sind im Folgenden verzeichnet:

Analyse des Blutes vor und nach der Durchleitung.

Versuchs-Nr.	Blutmenge in Grammen		Hämoglob. und Eiweiss in Procenten	Kupfer reducirende Substanz (Zucker) in pro mille
19	Frisches Blut	14·0	—	bestimmte Reaction
»	$5^1/_2$ St. durchgeleitetes	14·6	—	keine Reaction
22	Frisches Blut	8·3	14·10	0·6—0·2 Alkoh.
»	5 St. durchgeleit.	11·0	20·36	keine Reaction
26	Frisches Blut	7·9	18·86	0·18—0·14 Alkoh.
»	$5^1/_2$ St. durchgeleit	7·1	21·03	keine Reaction
28	Frisches Blut	5·1	15·76	0·07—0·06 Alk.
»	5 St. durchgeleit.	6·9	17·92	keine Reaction

Analyse des Serums des zur Blutdurchleitung benutzten Blutes vor und nach der Durchleitung.

Versuchs-Nr.	Blutmenge in Grammen		Hämoglob. und Eiweiss in Procent.	Asche in Proc.	Chlorid in Proc.	Kupfer reducirende Substanz (Zucker) in pro mille
16	Frsch Blut-Serum	11·1	6·64	1·07	0·64	deutliche React.
»	7 St. durchgel. S.	3·4	7·69	0·93	0·72	keine React.
19	Fr. Blut-Ser.	12·6	6·03	0·78	0·58	sehr starke R.
»	$2^1/_2$ St. durchgel.	8·4	6·73	—	—	viel schwäch. R.
21	Fr. Blut-Ser.	7·8	6·19	—	—	deutliche React
»	4 St. durchgel.	8·2	6·69	—	—	keine React.
26	Fr Blut-Ser.	4·1	—	—	—	0·49 Alkoh.
»	$5^1/_2$ St. durchgel.	1·2	—	—	—	keine React.
28	Fr. Blut-Ser.	3·1	—	—	—	deutliche React
»	5 St. durchgel.	7·6	—	—	—	keine React.
20	Fr. Blut-Ser.	8·1	6·05	—	—	keine best. R
24	Fr. Blut-Ser.	8·0	7·66	—	—	0·8 Alkoh.

Es zeigt sich somit neben einer bedeutenden Vermehrung an Eiweiss ein sehr auffälliges Schwinden an Zucker (Kupfer reducirender Substanz). Die fernere Begründung und Ausbeute des letzteren wichtigen Resultates hoffe ich erst durch fortge-

setzte Versuche zu erlangen; auch war mir eine weitergreifende chemische Untersuchung des durchgeleiteten Blutes bis jetzt nicht möglich.

Lymph-Ausscheidung.

Zwei bis drei vielfach anastomosirende Lymphgefässe laufen längst der Vena cruralis unter dem *Poupart*'schen Band einer bohnengrossen Drüse zu, von welcher in Begleitung der Vena iliaca mehrere im strotzend gefüllten Zustande höchstens 2^{mm} dicke Stämmchen in eine zweite etwas grössere Drüse führen, die in der Gegend der Symphysis sacro iliaca an der äussern Seite der grossen Blutgefässe in lockeres fetthaltiges Bindegewebe eingebettet ist. Die ableitenden Gänge dieser Drüse sind auch durch Anastomosen mit einander verbunden, währenddem sie zur Cysterna chyli streben. Somit ist das Auffangen der Lymphe unterhalb des Ductus thoracicus beinahe mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden. Abgesehen vom Einbinden der Canüle in die dünnen Stämmchen, die nach der Eröffnung in ihr Nichts zusammensinken, so dass man weder Wand noch Lichtung sieht, ist es kaum möglich, alle Nebenkanäle und Anastomosen zu unterbinden, und selbst in diesem Falle hat man eine Unzahl von Sackgassen, die beim Ausdrücken einreissen. Die Cysterna chyli selbst ist besonders in dem in der Bauchhöhle befindlichen Theile sehr fest an die rechte Seite der Aorta angewachsen, nicht zu isoliren und theils schon desswegen, theils der weiten und vielfachen Verästelungen halber zum Einbinden der Canüle nicht geeignet. Dieser anatomischen Verhältnisse wegen wählte ich eben den untern Theil des Ductus thoracicus und glaube, dass ich nach Entfernung des Darmkanals und der Leber, nach Unterbindung der Nieren und Hoden, respective des Uterus und der Ovarienlymphgefässe, eben nur diejenige Lymphe erhielt, welche um und in den Muskelmassen producirt wird. Die Lymphe aus der Haut glaube ich desswegen von jeglicher Berücksichtigung ausschliessen zu können, weil die Haut ganz blass war und beim Einschneiden, wie schon früher erwähnt, kaum blutete.

Schon beim Einbinden in den Ductus thoracicus füllte sich gewöhnlich die Spitze der Canüle, in manchen Fällen wohl auch die ganze Canüle mit Lymphe, doch war der Druck natürlich viel zu gering, um alle in den grösseren Gefässen enthaltene Lymphe ins Sammelgefäss zu treiben; es musste durch leises Ausdrücken der Hauptstämme nachgeholfen werden. Ich begann

Uebersicht über die Lymphausscheidung in den überlebenden Extremitäten mit Blutdurchleitung.

Versuchs-Nr.	Menge des in einer Minute ausgeflossenen Blutes	Blutdruck in Quecksilber	Nach dem Tode verflossene Zeit				Ausgeschiedene Lymphe						Bemerkungen
			von		bis		während Ruhe		während Muskel-Contract.		während passiver Beweg.		
	Ccm.	MM.	St.	M.	St.	M.	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	
44	80	40	0	0	1	—	60	47	—	—	—	—	Grosse Hündin. Menge des Blutes 600 u. 430 = 1030 Ccm.
			1	—	1	40	—	—	40	46	—	—	Erste klare Lymphe. — Beginn der Circulation 30 Min. nach dem Tode.
	45		1	40	1	50	40	7·5	—	—	—	—	kein Fibrin mehr im durchgeleiteten Blute.
			1	50	2	47	—	—	27	25·5	—	—	
			2	47	2	53	36	16	—	—	—	—	
			2	53	3	47	—	—	24	13	—	—	Zweite klare Lymphe.
			3	47	3	50	33	8	—	—	—	—	
			3	50	4	7	—	—	47	15	—	—	
	40		4	7	5	10	63	4	—	—	—	—	
			5	10	5	40	—	—	30	4	—	—	Um 5, 35 sind 100 Ccm. $^1/_2$% Kochsalzlösung zugefügt.
			5	40	6	22	42	7	—	—	—	—	
			6	22	6	44	—	—	22	5	—	—	Die Contractionen schon etwas schwach.
			6	44	7	40	56	6	—	—	—	—	
			7	40	7	55	—	—	15	5	—	—	
	8·5	80	7	55	8	27	32	5	—	—	—	—	
	25		8	27	8	52	—	—	25	15	—	—	Sehr schwache Contractionen — schnelle Ermüdung.
	30–24		8	52	9	33	44	12	—	—	—	—	Dritte Lymphe blass fleischwasserähnlich.
	14		9	33	10	5	32	7	—	—		—	
			10	5	10	47	—	—	[illegible]	15			Die Contractionen anfangs auffallend gut aber schnelle Ermüdung
	10	104	10	47	10	44	24	18		[illegible]			

			11	25	12	—	35	7·5	—	—	—	—	Vierte rothe Lymphe, die nur ... erst am ... Tag ausgedrückt.
			Summe 8 St. 58=184·5; 8 St. 2=146										Gesammtmenge der Lymphe 15,75 grm. — Mit Abzug des ersten und der 4 letzten Posten, die nicht in Rechnung gezogen werden können, sind aber während der Ruhe in 6 St. 15 Min. nur 72·5 Scala mm Lymphe gewonnen worden.
18	400	40	0	0	0	57	57	22	—	—	—	—	Erwachsene Hündin. Blutmenge 880 und 600 = 1480 Ccm. Beginn der Blutdurchleitung 20 Min. nach dem Tod. I. Lymphe.
	80		0	57	1	17	—	—	20	35	—	—	
	27	46–56	1	17	1	45	28	18	—	—	—	—	
	22		1	45	2	7	—	—	22	43	—	—	II. klare Lymphe.
	18·5		2	7	2	35	28	16·5	—	—	—	—	
			2	35	2	52	—	—	17	13	—	—	
	14.23.24.	50–60	2	52	3	35	43	10	—	—	—	—	
			3	35	3	53	—	—	18	13	—	—	
	25		3	53	4	49	56	9	—	—	—	—	Das ausfliessende Blut viel weniger venös.
			4	49	5	3	—	—	14	6	—	—	III. Lymphe schon etwas röthlich.
	54–52	66–76	5	3	6	5	62	11	—	—	—	—	Um 5. 10 Min. 200 Ccm. $1/2$ % Kochsalzlösung zugesetzt.
			6	5	6	18	—	—	13	8	—	—	Das Blut kommt beinahe arteriel aus der Vene.
			6	18	6	54	36	16	—	—	—	—	
	40		6	54	7	2	—	—	8	15	—	—	
			7	2	7	54	52	34·5	—	—	—	—	Todtenstarre tritt auf.
			7	54	8	5	—	—	11	19·5	—	—	IV. röthliche klare Lymphe.
	32		8	5	8	43	38	14	—	—	—	—	
	24		8	43	9	4	21	34	—	—	—	—	Sehr geringe Reaction. 9 St. 20 Min. nach dem Tode Zusatz von 160 Ccm. $1/2$ % Kochsalzlösung.
	25		9	4	9	40	36	22	—	—	—	—	
			9	40	9	55	15	18	—	—	—	—	V. rothe trübe Lymphe. Gesammtlymphe 21,93 grm. Mit Abzug des ersten und der 4 letzten Posten, die nicht in Rechnung gezogen werden können, sind aber während der Ruhe in 5 St. 5 Min. nur 115 Scala mm Lymphe gewonnen worden.
			Summe 7 St. 52=220; 2 St. 3=152·5										

Versuchs-Nr.	Menge des in einer Minute ausgeflossenen Blutes	Blutdruck in Quecksilber	Nach dem Tode verflossene Zeit				Ausgeschiedene Lymphe während Ruhe		während Muskel-Contract.		während passiver Beweg.		Bemerkungen
			von		bis		Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	
	Ccm.	MM.	St.	M.	St.	M.							
19	80	44	0	0	0	59	59	23	—	—	—	—	Kleiner junger räudiger Hund. Blutmenge 520 und 300=820.
			0	59	1	9	—	—	10	36	—	—	Beginn der Circulation 13 Min. nach dem Tode.
			1	9	1	21	—	—	12	38	—	—	I. klare Lymphe.
	35-33	44-54	1	21	1	59	38	15	—	—	—	—	
			1	59	2	15	—	—	46	46	—	—	Starke Contractionen.
	20-15		2	15	2	35	20	20	—	—	—	—	II. klare, etwas gelbliche Lymphe. 2 St. 35 Min. nach dem Tode von einem andern Hund 300 Ccm. frisches Blut hinzugefügt.
	6-3	75-85	2	35	2	58	23	6	—	—	—	—	
	5		2	58	3	8	—	—	10	3	—	—	Schwache Contractionen.
	9-10	94-104	3	8	4	11	63	9	—	—	—	—	
			4	11	4	28	—	—	17	10	—	—	
	10-11		4	28	5	32	64	7	—	—	—	—	
	10-22	102-112	5	32	5	51	-	—	19	14	—	—	
	21·5-15·5		5	51	7	21	90	4	—	—	—	—	hie und da beginnt Todtenstarre.
	15-14		7	21	7	36	—	—	15	8·5	—	—	
	13-8·5		7	36	8	13	37	15·5	—	—	—	—	III. röthliche klare Lymphe.
	8 5		8	13	8	23	—	—	10	12	—	—	sehr schlechte Contraction. 8 St. 58 Min. nach dem Tode 325 Ccm. 1/2 % Kochsalzlösung zugefügt. IV. Lymphe etwas trübe. Die unter V angeführte Lymphe wurde erst am andern Tag ausgedrückt. Gesammtmenge der Lymphe 23,28 grm. Mit Abzug des ersten und letzten Postens, welche nicht in Rechnung gebracht werden können, sind während der Ruhe in [illegible] St. [illegible] Min. 76·5 Scala mm Lymphe [illegible].
	8-7		8	23	11	13	170	30	—	—	—	—	
			Summe 9 St. 24=129·5; 1 St. 49=167·5										

			1	5	1	17	—	—	12	47	—	—	Ccm. Beginn d. [illegible]
	60	58-68	1	17	1	40	—	—	23	64	—	—	I. Lymphe rein u. klar. Reaction am linken Beine gut, am rechten vorn sehr schlecht.
	83		1	40	2	5	25	22	—	—	—	—	
			2	5	2	21	—	—	16	27	—	—	Die Contractionen nicht besonders gut; doch rechts etwas besser als vordem.
	100		2	21	3	17	56	10	—	—	—	—	
			3	17	3	30	—	—	13	10	—	—	II. klare Lymphe.
	99		3	30	3	42	—	—	12	16	—	—	
			3	42	4	35	58	4	—	—	—	—	
			4	35	4	52	—	—	17	15	—	—	Die Lymphe schon etwas fleischwasserähnlich.
			4	52	5	50	58	9	—	—	—	—	
			5	50	6	5	—	—	15	11	—	—	III. Lymphe klar aber röthlich. In den rechtseitigen Schenkelmuskeln tritt Todtenstarre auf.
			6	5	6	40	35	6	—	—	—	—	
			6	40	6	55	—	—	—	—	15	83	IV. klare röthliche Lymphe.
	60-90	70-78	6	55	7	32	37	12	—	—	—	—	
			7	32	7	43	—	—	11	15	—	—	
			7	43	7	47	—	—	—	—	4	13	
	50-72		7	47	8	34	47	16	—	—	—	—	Die Muskeln zeigen nur noch sehr geringe Reaction.
	72-80		8	34	8	40	—	—	—	—	6	42	V. rothe trübe Lymphe. Gesammtlymphe 24,85 grm. Mit Abzug des ersten Postens ist während der Ruhe in 5 St. 11 Min. 79 Scala mm Lymphe ausgesch. worden.
			Summe 6 St. 16=95; 4 St. 59=205; 25=138										
22	90-60-80	40-50	0	0	1	16	76	34	—	—	—	—	Grosser braun. Hund. Blutmenge 460 u. 770=1230. Beginn d. Circul. 26 Min. nach d. Tode. I. klare farbl. Lymphe.
		62-72	1	16	1	30	—	—	14	76	—	—	
			1	30	1	50	—	—	—	—	20	181	II. u. III. reine klare Lymphe.
	28		1	50	2	26	36	8	—	—	—	—	
	29		2	26	2	48	—	—	22	11	—	—	
			2	48	3	1	—	—	—	—	13	75	IV. klare blass röthliche Lymphe.
	50		3	1	3	40	39	4	—	—	—	—	
			3	40	3	55	—	—	15	10	—	—	
			3	55	4	8	—	—	—	—	13	32	
	45		4	8	4	40	32	7	—	—	—	—	
			4	40	4	50	—	—	10	6	—	—	Sehr schlechte Contractionen.
	37		4	50	5	3	—	—	—	—	13	42	V. Lymphe röthlich u. trübe. Gesammtlymphe=30,41 grm. Mit Abzug d. ersten Postens ist während d. Ruhe in 4 St. 47 M. 19 Scala mm Lymphe ausgesch. worden.
			Summe 3 St. 3=50; 4 St. 1=108; 59=330										

Versuchs-Nr.	Menge des in einer Minute ausgeflossenen Blutes	Blutdruck in Quecksilber	Nach dem Tode verflossene Zeit				Ausgeschiedene Lymphe						Bemerkungen
			von		bis		während Ruhe		während Muskel-Contract.		während passiver Beweg.		
	Ccm.	MM.	St.	M.	St.	M.	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	
26	60-20	62-72	0	0	1	32	92	51	—	—	—	—	Grosser Hund. Blutmenge 535 u. 740 = 1275. Beginn der Blutdurchleitung 21 Min. nach d. Tode. 1·30 Min. n. d. Tode beiderseits unter die Fasc. lata Alkaninlösung injicirt nach d. 18 M. langen Reizung u. Contract. sind schon Tröpfchen Alkaninlös. in der Abfluss-Canüle. Die Muskeln reagiren schlecht. Die ersten 50 Sc. mm Lymphe sind chylushaltig.
			1	32	1	50	—	—	18	23	—	—	
		84-94	1	54	2	9	—	—	—	—	15	36	
	5·5-11-23	100-110	2	9	2	46	37	16	—	—	—	—	
			2	46	2	55	—	—	9	3	—	—	
			2	55	3	11	—	—	—	—	16	28	
	38-48		3	11	4	14	63	49	—	—	—	—	II. schmutzig röthl. Lymphe mit Alkanintröpfchen.
			4	14	4	23	—	—	9	8	—	—	Die Muskeln reagiren besser, — ermüden aber sehr schnell.
			4	23	4	39	—	—	—	—	16	14	
	82		4	39	5	11	32	14	—	—	—	—	Die Contractilität äusserst gering.
			5	11	5	18	—	—	—	—	7	5	III. trübe rothe Lymphe mit Alkan. Gesammtlymphe 15,60 grm. Mit Abzug des ersten Postens ist während d. Ruhe in 2 St. 12 M. 79 Sc.mm Lymphe ausgesch.
			Summe 3 St. 44 = 180; 36 = 34; 51 = 83										
28	30	40-50	0	0	0	55	55	18	—	—	—	—	Trächtige kleine Hündin. Blutmenge 260 u. 160 = 420 Ccm. Beginn der Blutdurchleitung 24 Min. nach dem Tode. Die Contractilität hört schnell auf, nach 12 Min. Reizung arbeiten nur einzelne Muskeln.
	3		0	55	1	10	—	—	25	45	—	—	
	3	70-80	1	10	1	38	—	—	—	—	18	36	
	3, 12, 3.	92-102	1	38	2	—	22	5	—	—	—	—	
	3		2	—	2	16	—	—	—	—	16	10	Keine Reaction mehr.
	3-9		2	16	3	35	79	5	—	—	—	—	
			3	35	3	50	—	—	—	—	15	35	
	12-21·5		3	50	5	15	85	18	—	—	—	—	
			5	15	5	25	—	—	—	—	10	18	Gesammtmenge der Lymphe 14·60. Mit Abzug des ersten Postens ist während der Ruhe in [illegible] St. [illegible] Min. [illegible] Sc. mm Lymphe ausgeschieden.
			Summe [illegible] St. [illegible]										

an der innern Fläche der Oberschenkel und führte die Finger längst der grossen Beckengefässe an die vordere Fläche der Wirbelsäule hinauf, umgriff in der Höhe der Nieren die rechte Seite der Aorta, drückte dieselbe sanft an die Wirbelsäule und schob die Finger längst der Aortencanüle bis zur Höhe der Einbindungsstelle im Ductus thoracicus hinauf. Um die Weichtheile vor Verletzung zu wahren, benutzte ich beim Ausdrücken die vordere Bauchwand und in dem obersten Theile das Zwerchfell als schützende Decke. Bei der Weite des Lymphgefässsystems in der Bauchhöhle ist die Nothwendigkeit dieses Handgriffs leicht verständlich, um so mehr, weil die zwei wichtigsten Factoren zur Fortbewegung der Lymphe im Leben, — die Bauchpresse und die rhythmische Bewegung des Zwerchfells — zu wirken aufgehört haben.

Zur Reizung der Muskeln gebrauchte ich den secundären Strom des *du Bois*'schen Schlittens mit salzwasserfeuchten Electroden; eine Electrode befand sich an der Durchtrittstelle des N. cruralis unter dem *Poupart*'schen Band oder auch zwischen Sitzbeinknorren und Trochanter über dem Nerv. ischiadicus, die andere bald an dieser bald an jener Hautstelle des Oberschenkels, deren Haare abgeschoren und deren Oberfläche mit Salzwasser benetzt war. In der ersten Stunde genügten schwache Ströme, die Muskeln zogen sich kräftig zusammen und arbeiteten lange Zeit, ohne zu ermüden. Aber später wurden starke Ströme nöthig, der Muskel ermüdete in sehr kurzer Zeit und allmählig sagten einzelne den Dienst ganz auf. Am längsten reagirten gewöhnlich die Hüftbeinmuskeln, der Psoas und die Rückenmuskeln.

Beim Gebrauch starker Ströme zeigten sich an den Stellen, welche der Electrode am nächsten lagen, zahlreiche bis bohnengrosse Ecchymosen, trotzdem dass viele Stunden nach dem Tode des Thieres verflossen waren. Auf dem Durchschnitt solcher dunkel blaurother Flecken erscheint das Gewebe mit flüssigem Blute infiltrirt. Bei näherer Untersuchung findet man hier die kleinen Gefässe mit Blutkörperchen strotzend gefüllt und zahllose ausgetretene Blutkörperchen frei im Gewebe der Cutis. — Sehr bald entstanden Ecchymosen und Extravasate, wenn ich die Electroden in der Bauchhöhle auf das Peritoneum ansetzte und die Nerven hier reizte; ich vermied daher diese Stelle, um das Auftreten einer rothen Lymphe zu verhüten.

Um das Verhältniss der bei Ruhe und der bei Muskelaction abgeschiedenen Lymphe übersichtlich zu machen, habe ich folgenden tabellarischen Auszug meiner Versuche beigelegt. In den vier letzten ist zugleich die Menge der bei passiver Bewegung ausgeschiedenen Lymphe notirt.

Im Allgemeinen verringert sich die Menge der Lymphe vom Beginn des Versuches bis zur Zeit des Gefässkrampfes und steigt dann wieder unbedeutend, wenn durch Erhöhung des Druckes dem Gefässkrampf entgegen gearbeitet wird.

Unter sonst gleichen Verhältnissen wurde bei der Muskelaction in jedem einzelnen Versuche eine auffallend grössere Menge Lymphe ausgeschieden als in der Ruhe. Am bedeutendsten war die Vermehrung zu Anfang des Versuches, wenn sich bei der Reizung ganze Muskelgruppen kräftig contrahirten. So war in

Versuchs-Nr.	Während der Ruhe		Während der Muskel-Action		Somit das Verhältniss der Lymphabscheidung bei Ruhe u. Contraction wie:
	in Minuten	Menge der Lymphe	in Minuten	Menge der Lymphe	
14	40	75	10	46	1 : 24·5
19	38	15	10	36	1 : 9·1
20	25	22	12	47	1 : 4·45
22	36	8	14	76	1 : 21·7
26	37	16	18	23	1 : 2 96
28	22	5	25	45	1 : 7·92

Geringer ist der Unterschied mit eintretender Schwäche der Contraction, zuletzt schien er, als trotz der stärksten Reize nur ganz schwache Contractionen ausgelöst wurden, ganz unbedeutend, aber selbst dann zeigt sich noch eine auffällige Steigerung, wenn man die Zeit und die Menge der während der Ruhe und der während der Muskelaction erhaltenen Lymphe addirt und vergleicht. So findet man in

Versuchs-Nr.	Während der Ruhe			Während der Muskel-Action			Somit das Verhältniss zwischen Ruhe u. Contraction wie:
	in St.	in Min.	Menge der Lymphe	in St.	in Min.	Menge der Lymphe	
14	6	15	72	3	2	146	1 : 4·1
18	5	5	115	2	8	152·5	1 : 3·2
19	5	35	76·5	1	49	167·5	1 : 6·7
20	5	11	79	1	59	205	1 : 7·7
22	1	47	19	1	1	103	1 : 9.45
26	2	12	79	—	36	34	1 : 1·58
28	3	6	23	—	25	45	1 : 14·56

Mit Ausnahme des 26. Falles, in welchem wahrscheinlich wegen der Injection von Alkaninlösung unter die Fascien die Verhältnisse alterirt waren, ist somit die Menge der bei der Muskelaction gewonnenen Lymphe in den zuletzt angeführten Versuchen mehr wie dreimal so gross, als die der Ruhe. Ich glaube mit Recht annehmen zu dürfen, dass im lebenden Thiere bei der unverhältnissmässig ausgiebigeren Contraction der Muskulatur die Steigerung in der Lymphströmung noch viel mehr betragen muss.

Schon von Alters her werden die Contractionen der Muskeln als ein wichtiger Factor für den Lymphstrom angesehn. Der Modus dieses Einflusses ist jedoch, soviel ich weiss, nur dahin bestimmt worden, dass man jedesmal eine Zusammenpressung der mit den Blutgefässen verlaufenden Lymphstämmchen annahm, wenn die benachbarten Muskeln bei ihrer Zusammenziehung anschwollen, und dass weiterhin in Folge der gegebenen Klappen die gepresste Lymphe nach vorwärts getrieben würde.

Wäre dieses Zusammendrücken der Lymphgefässe das einzige Moment für die Beschleunigung des Lymphstromes von Seiten der Muskelzusammenziehung, dann liesse sich erwarten, dass passive Bewegungen der Extremitäten [1], wo die Muskelschwellung wegfällt, keinen oder mindestens keinen andauernden Einfluss auf die Lymphströmung übten. In Versuch 20, 22, 26, 28 habe ich ausser der zur Zeit der Ruhe und während der Muskelcontractionen ausgeschiedenen Lymphe auch die verzeichnet, welche bei der passiven Bewegung fortbefördert wird, und es zeigt sich hier nach Addition der Zeit und der Menge während der Ruhe, der Contraction und den passiven Bewegungen folgendes Verhältniss:

Versuchs-Nr.	Während der Ruhe			Während der Musk.-Contract.			Während der passiven Beweg.			Somit d. Verhältniss zwischen Ruhe, Muskelcontraction u. passiver Beweg. wie:
	in St.	in M.	Menge der Lymphe	in St.	in M.	Menge der Lymphe	in St.	in M	Menge der Lymphe	
20	5	11	79	1	59	205	—	25	138	1 : 7·7 : 24·8
22	1	47	19	1	1	108	—	59	330	1 : 9·5 : 31·5
26	2	12	79	—	36	34	—	54	83	1 : 1·6 : 2·5 Alkan. inj.
28	3	6	23	—	25	45	—	59	149	1 : 11·6 · 20·4

1) Unter passiven Bewegungen verstehe ich hier abwechselnde Beugung und Streckung der Extremitäten ausgeführt durch die Hände eines Gehülfen.



Es ergiebt sich denn, dass bei passiver Bewegung noch bedeutend mehr Lymphe abgeführt wird, als bei den durch den galvanischen Strom ausgelösten Contractionen, welche Erfahrung mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf hinweist, dass nicht so sehr der bei den Muskelbewegungen ausgeübte Druck auf die Lymphgefässe, als vielmehr die mit der activen sowohl, als mit der passiven Bewegung verbundene Spannung und Erschlaffung der Sehnen und Aponeurosen die Ursache zur Beschleunigung des Lymphstromes ist.

Da ich bei den bisherigen Versuchen künstliche Blutdurchleitung angewendet hatte, blieb es fraglich, ob nicht auch die Blutcirculation auf die vermehrte Ausscheidung während der Bewegung einen Einfluss ausübt und ob die Beschleunigung des Lymphstroms während der Muskelaction nicht etwa durch eine schnellere Neubildung von Lymphe verursacht sei? Auch war es von Interesse zu erfahren, inwiefern die bei der künstlichen Circulation gewonnene Lymphe als restirende schon vor jener dagewesene, oder als später während des künstlichen Stroms erzeugte anzusehen sei. Auf Beantwortung der letzteren Frage kann ich jedoch erst weiter unten eingehen.

Aus diesen Gründen schien es nöthig, an übrigens auf gleiche Weise hergestellten Präparaten ohne künstliche Circulation die Lymphausscheidung auf ähnliche Weise zu bewerkstelligen, wie bei den früheren Versuchen. Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle niedergelegt (s. p. 176 u. 177).

Es ergiebt sich, dass hier, wo der Gefässdruck beinahe ganz aufgehört hat, der Unterschied zwischen der in der Ruhe und der während der Bewegung ausgeschiedenen Lymphe noch viel greller vor die Augen tritt. Währenddem man jetzt in der Ruhe eben nur ganz minimale Quantitäten erhält, wird bei der Muskelcontraction und passiven Bewegung wenigstens anfangs eine solche Menge hinausgefördert, welche der bei Anwendung der künstlichen Circulation gewonnenen an die Seite gestellt werden kann, und es unterscheiden sich beide Versuchsreihen wesentlich nur dadurch, dass bei der künstlichen Blutdurchleitung während der Ruhe mehr Lymphe producirt wird, und die Verminderung der in den einzelnen Versuchsphasen erhaltenen Mengen gegen das Ende des Versuches nicht so rasche Fortschritte macht, wie ohne Circulation.

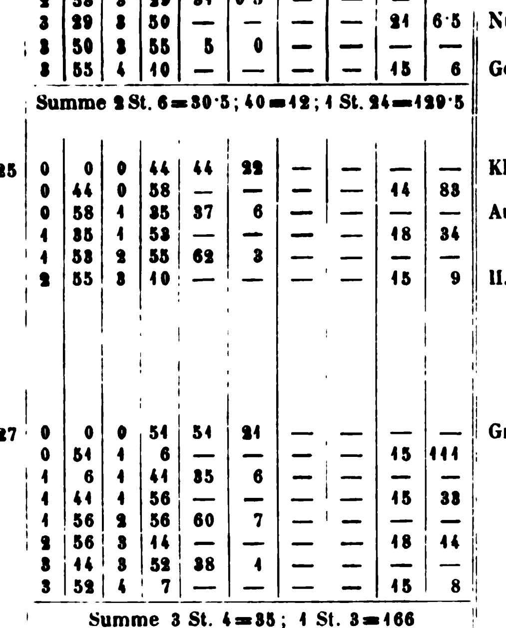
Da es wohl nicht anzunehmen ist, dass $1/2$ bis 1 Stunde nach dem Tode oder eigentlich nach dem Aufhören der Circulation noch erhebliche Mengen von Lymphe erzeugt würden, so glaube ich mit Recht annehmen zu dürfen, dass die Vermehrung des Lymphstromes bei Muskelzusammenziehung und bei passiven Bewegungen nicht etwa durch eine reichlichere Neubildung von Lymphe, sondern eben nur von günstigeren Aufnahmebedingungen der schon in den Geweben vorhandenen Flüssigkeit in die Lymphgefässe bedingt sei.

Ermuntert durch den Erfolg, welchen von aussen her mitgetheilte Bewegungen auf den Lymphstrom hatten, unternahm ich aufs neue Einspritzungen unter die Aponeurosen behufs der natürlichen Injection der Lymphgefässe. Nachdem ich schon zu Beginn meiner Arbeit viele andere Farbstoffe mit negativem Resultat angewendet hatte, — gebrauchte ich jetzt Alkaninlösung. Ich injicirte dieselbe unter die Fascie des nach der oben angegebenen Methode bereiteten Präparates, umschnürte die Injectionsöffnung und versuchte durch passive Bewegung der Extremitäten und durch Reizung der contractilen Muskeln die Masse zur Aufsaugung zu bringen. Resultate dieser Injectionen sind in den Bemerkungen zum 25. und 26. Fall kurz aufgezeichnet und es wäre wohl nutzlos, einige andere Versuche, welche ausser den gelungenen Injectionen nicht verwerthbar waren, noch besonders anzuführen.

In 25 war die unter die Fascia lata und die unter die Fascia cruralis injicirte Masse nach $1/4$stündiger passiver Bewegung bis in den Ductus thoracicus vorgedrungen. An der Insertionsstelle des Biceps am Knie zeigten sich schöne Lymphgefässnetze, auf der innern Oberfläche des untern Theiles der Fascia lata Streifen und auch einige zierliche Lymphgefässchen an der Bandmasse des Fussgelenkes. Im 26. Fall waren nach beiderseitiger Injection unter die Fascia lata nach 18 Minuten dauernder activer Bewegung der aus dem Ductus thoracicus fliessenden Lymphe schon Tröpfchen von Alkaninlösung beigemengt und bei der anatomischen Untersuchung zeigte links die Aponeurose des Vastus externus entfernt von der Injectionsstelle und unverletzt auf der dem Knochen zugewendeten Stelle Längsstreifen und auf ihrer Aussenfläche zierliche Lymphgefässchen, und rechts waren 3 Zoll weit unter der Einstichsöffnung an der ganz unversehrten Fascia lata wunderschöne Lymphgefässe injicirt.

Uebersicht über die Lymphausscheidung in den vom Körper getrennten Extremitäten ohne Blutdurchleitung.

Versuchs-Nr.	Zeit nach dem Tode				Ausgeschiedene Lymphe						Bemerkungen.
	von		bis		während Ruhe		während Muskel-Contract.		während passiver Beweg.		
	St.	M.	St.	M.	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	
24	0	0	0	20	20	8	—	—	—	—	Kleiner Hund, auf einmal verblutet.
	0	20	0	35	—	—	15	21	—	—	Die Muskeln reagiren anfangs sehr gut, aber nach 10 Minuten nur bei sehr starken Strömen.
	0	35	0	50	—	—	—	—	15	30	
	0	50	1	2	12	1	—	—	—	—	
	1	2	1	11	—	—	9	2	—	—	Ganz geringe Reaction.
	1	11	1	30	—	—	—	—	19	12	
	1	30	2	35	65	1	—	—	—	—	
	2	35	2	50	—	—	—	—	15	7	Keine Reaction mehr.
	2	50	3	3	13	0	—	—	—	—	
	3	3	3	25	—	—	—	—	22	6	
	3	25	3	43	18	0	—	—	—	—	
	3	43	3	58	—	—	—	—	15	2	Gesammtmenge der klaren farblosen Lymphe 5·74 grm. Mit Abzug des ersten Postens, der nicht in Rechnung gebracht werden kann, ist während der Ruhe in 1 St. 48 M. 2 Sc. mm Lymphe gewonnen worden.
	Summe 2 St. 8' = 10; 24' = 23; 1 St. 26 = 57.										
23	0	0	0	35	35	28	—	—	—	—	Kleiner curarisirter Hund, bei dem vorher durch Reizung des Rückenmarks und des Plex. brach. der Blutdruck sehr gesteigert und durch künstliche Respiration das Leben erhalten war. — Dauer der Operation über 3 St. Tod durch einmaliges Verbluten. Die Lymphe des Ductus thoracicus war von Anfang an etwas röthlich.
	0	35	0	50	—	—	—	—	15	74	
	0	50	1	15	—	—	25	10	—	—	
	1	15	1	30	—	—	—	—	15	31	
	1	30	1	45	—	—	15	2	—		
	1	45	2	40	55	[illegible]					
	2	40	2	58		—			18	12	



Nr.										
	2	38	3	29	51	0·5	—	—	—	—
	3	29	3	50	—	—	—	—	24	6·5
	3	50	3	55	5	0	—	—	—	—
	3	55	4	10	—	—	—	—	15	6
Summe 2 St. 6 = 30·5; 40 = 12; 1 St. 24 = 129·5										
25	0	0	0	44	44	22	—	—	—	—
	0	44	0	58	—	—	—	—	14	88
	0	58	1	35	37	6	—	—	—	—
	1	35	1	53	—	—	—	—	18	34
	1	58	2	55	62	3	—	—	—	—
	2	55	3	10	—	—	—	—	15	9
27	0	0	0	54	54	24	—	—	—	—
	0	54	1	6	—	—	—	—	15	111
	1	6	1	41	35	6	—	—	—	—
	1	44	1	56	—	—	—	—	15	38
	1	56	2	56	60	7	—	—	—	—
	2	56	3	14	—	—	—	—	18	44
	3	14	3	52	38	4	—	—	—	—
	3	52	4	7	—	—	—	—	15	8
Summe 3 St. 4 = 35; 1 St. 3 = 166										

Nur noch ganz geringe Reaction in einzelnen Muskeln.

Gesammtlymphe 10·52 grm., sehr schwach röthlich. Mit Abzug des ersten Postens ist während der Ruhe in 1 St. 31 Min. 2·5 Sc. mm Lymphe gewonnen worden.

Kleiner Hund, der ebenso wie der 23ste operirt und durch einmaliges Verbluten getödtet war. I. Lymphe.
Auch bei starken Strömen nur ganz geringe Contractionen.

II. Lymphe klar und beinahe farblos. Gesammtmenge 9·61 grm. Mit Abzug des ersten Postens ist während der Ruhe in 1 St. 39 Min. 9 Sc. mm Lymphe gewonnen worden. 3 St. 10 Min. nach dem Tode wurde unter die Fascia lata und unter die Fascia cruralis des linken Beines Alkaninlösung injicirt und der Unterschenkel passiv bewegt. Nach 15 Min. war das Alkanin bis in den Ductus thoracicus vorgedrungen.

Grosser Pudel, an welchem 2 St. lang Circulationsversuche demonstrirt waren, durch Verbluten und Herzstich getödtet. 1 St. 30 M. nach dem Tode wurde unter die Haut der Oberschenkel beiderseits Alkaninlösung injicirt. Die Masse verbreitete sich weithin im Unterhautgewebe. Rechts, woselbst ich an der innern Seite des Knies eingestochen hatte, zeigten sich während der passiven Bewegung in der Haut der Schenkelbeuge kleine alkaninrothe Flecken, die bald zu einem Thaler grossen confluirten. Beim Ablösen der Haut findet man rechts mehrere fadendünne Haut-Lymphstämmchen und die Inguinal-Drüse injicirt und einzelne Tröpfchen im Vas effer. bis unter das *Poupart*'sche Band. In den Aponeur. oder Sehnen nirgends Injection.

Gesammt-Lymphe 13,25 grm., bis auf die letzten etwas blutigen 3 grm. farblos und klar, enthält kein Alkanin.

Auch muss ich hier bemerken, dass die mit all den früheren Erfahrungen in Widerspruch stehende sehr geringe Beschleunigung des Lymphstromes bei activer und passiver Bewegung bei diesem Fall der Obturation von Lymphgefässchen oder Lymphdrüsen zugeschrieben werden muss.

Im Gegensatz zu diesen zwei Fällen war im Versuch 27 nach Injection unter die Haut und wiederholter passiver Bewegung die Masse rechts unter der Haut bis zur Schenkelbeuge verbreitet und wohl auch zahlreiche Hautlymphgefässchen injicirt, aber doch war der Farbstoff rechts nur wenig über die Inguinaldrüse vorgerückt und links war eben nur ein ganz kleines Lymphgefässchen injicirt. In den Lymphgefässen der Aponeurosen und den die grösseren Schenkelgefässe begleitenden Lymphstämmchen war keine Spur von Injections-Masse aufzufinden. Als begünstigendes Moment zur Fortbeförderung der injicirten Masse mag hier der bei der passiven Bewegung auf die Haut ausgeübte Druck eine Rolle gespielt haben.

Ich will hier noch ganz besonders darauf hinweisen, dass auch bei den Pumpversuchen an herauspräparirten Fascien die Injection nur dann gelang, wenn die Masse mit der innern Oberfläche der Aponeurose in Berührung stand, nie aber, wenn dieselbe auf die äussere Oberfläche ausgegossen war; es ist somit einleuchtend, dass passive und active Bewegung nur auf die unter der Fascie befindliche Lymphe einen Einfluss ausüben, aber nicht auf die Lymphe der Haut und des Unterhautzellgewebes.

Nach dieser Abschweifung will ich wieder auf die bei meinen Circulations-Versuchen gewonnene Lymphe zurückgehn und Etwas über die Qualität derselben berichten.

Zu Beginn des Versuches war die Lymphe ganz klar, beinahe farblos, nur in einzelnen Fällen waren die ersten Tropfen chylushaltig, milchweiss getrübt, später bekam die klare Lymphe einen gelben Schimmer und wurde in drei bis vier Stunden nach dem Tode allmählig fleischwasserähnlich. Die röthliche Färbung nahm gegen das Ende der Durchleitung immer mehr zu und endlich war die Lymphe auch trübe. Die Röthung und Trübung ist eine constante Erscheinung und bedingt durch rothe Blutkörperchen. Es frägt sich, auf welchem Wege dieselben in den Lymphstrom gelangen. Auch die normale Lymphe enthält ja Blutkörper und es ist eine ebenso bekannte Thatsache, dass nach

Injection einer grösseren Menge indifferenter Flüssigkeit in die Gefässe des lebenden Thieres in Folge der Steigerung des Blutdruckes die Lymphe von beigemengten Blutkörpern röthlich wird. Bei der künstlichen Blutleitung habe ich jedoch nie einen Druck angewandt, der dem normalen gleich käme, und glaube desswegen von einer solchen Ursache absehn zu können. Von der bei der Operation verursachten Blutung lässt sich der Blutgehalt auch nicht erklären, weil in diesem Falle die Färbung gleich anfangs hätte auftreten müssen. Von den durch die Electroden bewirkten Ecchymosen als Ursache der Färbung kann auch keine Rede sein, weil die Lymphe sich oft schon damals röthete, als noch keine Ecchymosen vorhanden waren und es überhaupt gar nicht wahrscheinlich ist, dass die sonst anämische Haut Lymphe producirte. Als Hauptursache der Röthung glaube ich demnach das wiederholte Ausdrücken der Lymphstämmchen beschuldigen zu müssen, und wenn auch grobe Verletzungen ausgeschlossen werden können, wird eine Blutung per diapedesin selbst bei aller Vorsicht und Schonung nicht zu vermeiden sein.

Bei der mikroscopischen Untersuchung entspricht die farblose Lymphe der normalen. In der gefärbten findet man ausser den gewöhnlichen Lymphkörpern rothe Blutkörperchen in einer der Färbung angemessenen Menge. Der Erwähnung werth halte ich auch die Beobachtung, dass selbst die in der letzten trüben Lymphe befindlichen recht zahlreichen Lymphkörper auf dem *M. Schultze*'schen Wärmetisch 25 Stunden nach dem Tode des Thieres zum grossen Theil noch lebhafte Bewegung zeigten.

In allen Fällen entstanden in der Lymphe gleich nach dem Ausfliessen Gerinsel und zwar nicht nur so lange, als auch im Blute noch Gerinsel gefunden wurden, sondern auch noch viele Stunden später. Der letzte Antheil der gewonnenen Lymphe jedoch war wohl constant reicher an Eiweiss, enthielt aber nur wenig oder gar kein Gerinsel.

Bezugs der chemischen Zusammensetzung kam ich zu den in der Tabelle (p. 180 u. 181) angegebenen Resultaten.

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass die in der ersten Zeit abgeschiedene noch reine und klare Lymphe Eiweiss, Salze und Chloride in demselben Procentsatz enthält, wie die normale und auch die schwach röthlich gefärbte Lymphe bezugs der Eiweissmenge nur ungefähr die Hälfte des während der Durchleitung eingedickten eiweissreicheren Blutserums erreicht.

Analyse der Lymphe, welche bei der künstlichen Blutdurchleitung gewonnen wurde.

Versuchs-Nr.	Menge der untersuchten Lymphe in Grammen			Eiweiss in Procenten	Asche in Procenten	Chloride in Procenten	Kupfer reducirende Substanz (Zucker) in pro mille	Bemerkungen.
	klare farblose	klare röthliche	trübe rothe					
12	3·78	—	—	3·93	0·95	?	?	ganz geronnen.
14	2·73 I.	—	—	2·99	0·80	0·62	?	» »
»	3·08 II.	—	—	3·93	1·00	—	?	» »
»	—	4·72 III.	—	4·28	0·94	0·56	?	» »
»	—	—	3·76 IV.	5·55	0·97	0.54	?	nur wenig Gerinsel.
»	—	—	4·45 V.	6·29	?	?	?	kein Gerinsel.
15	2·73 I.	—	—	2·38	1·08	0·68	deutliche Reaction	
»	—	2·95 II.	—	3.04	1·04	0·80	keine Reaction	
18	2·94 I.	—	—	3·42	0·96	?	sehr starke Reaction	
»	5·00 II.	—	—	3·84	0·75	?	» » »	
»	—	3·32 III.	—	3·92	?	?	ganz best. »	
»	—	5·85 IV.	—	4·27	0·93	?	schwache »	
»	—	—	4·82 V.	4·07	0·82	?	keine »	
19	5·44 I.	—	—	2·27	0·93	0·69	sehr starke »	ganz geronnen.
»	4·72 II.	—	—	2·42	0·94	0·63	starke »	» »
»	—	5·88 III.	—	2·94	0·98	0·68	» »	» »
»	—	—	4·22 IV.	3·58	0·94	0·56	schwache Spuren	sehr wenig Gerinsel.
»	—	—	3·04 V.	3·94	1·44	0·69	keine Reaction	kein Gerinsel.
20	6·66 I.	—	—	2·64	?	?	0.29	wenig Gerinsel.
»	4·34 II.	—	—	2·90	?	?	nur Spuren	ganz geronnen.
»	—	3·70 III.	—	3·70	?	?	keine Reaction	sehr compactes Gerinsel
»	—	5·66 IV	—	4·42	?	?	Spuren	ganz wenig Gerinsel
»	—	—	4·[illegible] V	4·[illegible]	?	?	keine Reaction	kein Gerinsel

»	5·22 II.	—	—	2·78	?	?	0·40—0·34	»	» » »
»	5·99 III.	—	—	2·57	?	?	0·35—0·46	»	» » »
»	—	6·44 IV.	—	3·07	?	?	0·22—0·21	»	viel Gerinsel
»	—	—	6·62 V.	4·66	?	?	0·12—0·09	»	sehr wenig Gerinsel.

Analyse der Lymphe, welche ohne Blutdurchleitung gewonnen wurde.

Versuchs-Nr.	Menge der untersuchten Lymphe in Grammen			Eiweiss in Procenten	Kupfer reducirende Substanz (Zucker) in pro mille	Bemerkungen.
	klare farblose	klare röthliche	trübe rothe			
						An diesem Hunde waren vor dem Tode durch Rückenmarksreizung wiederholt sehr hohe Blutdrücke erzeugt.
23	—	4·82 I.	—	4·76	4·45 Alkoh.	ganz compactes Gerinsel.
»	—	5·70 II.	—	4·67	4·32 »	sehr viel Gerinsel.
24	5·74	—	—	2·95	bestimmte Reaction	ganz geronnen.
						Für den Hund, der zu diesem Versuche benutzt war, gilt die bei Versuch Nr. 23 gemachte Bemerkung.
25	5·60 I.	—	—	3·44	0·74—0·67 Alk.	ganz geronnen.
»	—	4·00 II.	—	3·38	0·57—0·54 »	nicht ganz geronnen.
						Vor dem Tode zur Demonstration der normalen Blutdrücke benutzt.
27	7·03	—	—	2·54	0·20—0.18	ganz compact geronnen.
»	—	6·22	—	2·33	bestimmte Reaction	nur zum Theil geronnen.

Der Eiweissgehalt der rothen Lymphe aber steigt in den meisten Fällen auf eine solche Höhe, welche die schwankenden Grenzen der normalen Lymphe schon überschreitet; — die Salze und namentlich die Chloride bleiben ungefähr gleich bei Lymphe und Blutserum. Den Zuckergehalt habe ich sowohl in der Lymphe, als auch bei den früher erwähnten Blutanalysen mit frischer *Fehling*'scher Flüssigkeit bestimmt und zwar meist in zwei Partien auf folgende Art. Nachdem das Eiweiss in der Siedhitze mit Essigsäure gefällt und abfiltrirt war, versuchte ich, falls das Filtrat wasserklar war, mit einem Theile desselben gleich die Reaction, den andern Theil des Filtrates dampfte ich zum Trocknen ein, zog mit schwachem Alkohol aus, dampfte wieder ein; den Rückstand zog ich mit Wasser aus, filtrirte und machte die Reaction so, dass ich die Flüssigkeit zum Sieden erhitzte und dann aus der Burette geringe Mengen einer sehr verdünnten *Fehling*'schen Lösung zufliessen liess, dann die Eprouvette eine Zeit lang ins Wasserbad brachte, hierauf wieder Kupferlösung zufügte, so lange die Trübung merklich zunahm. Als Endreaction notirte ich die, bei welcher keine stärkere Trübung eintrat, wenn ich zu je einem Theile derselben Zuckerlösung oder Kupferlösung zusetzte. In jedem einzelnen Fall habe ich mit der *Fehling*'schen Flüssigkeit Control-Versuche gemacht und auch wiederholt den gebrauchten Alkohol geprüft. — Es zeigte sich in den ersten Partien der Lymphe constant Zucker, in den späteren war der Zuckergehalt geringer und verschwand in der rothen Lymphe ganz.

Auf eine weitere Discussion der chemischen Verhältnisse kann ich mich für jetzt nicht einlassen, ich will nur darauf hinweisen, dass die erhaltene Lymphe im Ganzen und Grossen der normalen entspricht und eben nur die zur Zeit des völligen Absterbens erhaltene Flüssigkeit den Vergleich mit der normalen Lymphe nicht besteht.

Die nähere Untersuchung der ohne künstliche Circulation erhaltenen restirenden Lymphe ist ebenfalls auf Tabelle Nr. 4 angemerkt. Es zeigen sich hier mit dem Obigen ziemlich übereinstimmende Verhältnisse. Der Gehalt an Fibrin und Zucker nimmt etwas ab, doch war hier eine Zunahme des Eiweissgehaltes gegen das Ende des Versuchs nicht zu constatiren. Bemerkenswerth ist der hohe Eiweiss- und Zuckergehalt bei Versuch 23, — vielleicht eine Folge der Lymphstauung.

Im Hinblick auf die ohne künstliche Blutdurchleitung erhaltene Lymphe wirft sich nun wieder die Frage auf, inwiefern die bei der künstlichen Blutdurchleitung erhaltene Flüssigkeit als restirende oder als producirte Lymphe zu betrachten sei. — Beim Vergleichen beider Versuchsreihen geht hervor, dass die Gesammtmenge der durch künstliche Blutdurchleitung gewonnenen Lymphe bedeutend grösser ist. Der Unterschied wird um so auffälliger, wenn man in Betracht zieht, dass eigentlich nur im 20. und 21. Fall die Circulation leidlich von Statten ging, hingegen im 28sten vom Anfang her durch den Gefässkrampf sehr beschränkt war und im 26sten die Aufnahme der Lymphe durch die Alkanininjection verhindert wurde, — dass ferner von den Versuchen ohne Blutdurchleitung eigentlich nur 23 vergleichbar ist, indem bei den andern drei Fällen durch die vorher ausgeführten langwierigen Operationen der Blutdruck erhöht und die Lymphe gestaut war und das Thier stundenlang in einer bestimmten Lage fixirt, somit der Möglichkeit beraubt war, seine Lymphaufsaugungsapparate spielen zu lassen. Auch weisen die einzelnen Phasen der Versuche darauf hin, dass bei der Circulation Lymphe producirt wurde. Währenddem bei den Versuchen ohne Blutdurchleitung in der vierten Stunde nach dem Tode bei 15 Min. langer passiver Bewegung nur 2(24), 6(23), 8(27) Sc.-Mm. Lymphe herausbefördert wird, haben die Versuche erster Reihe $8\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Tode in 6 Minuten 42(20), — 5 Stunden nach dem Tode in 13 Minuten noch 42(22) Mm. der Scala an Lymphe geliefert.

Aus diesen Prämissen kann, wie ich glaube, der Schluss gewagt werden, dass bei der künstlichen Circulation in den überlebenden Theilen noch wirkliche Lymphe producirt wird, und wenn auch bis jetzt eigentlich nur bezugs des Resorptionsmechanismus bestimmte Resultate erlangt sind, kann man hoffen, bei Verbesserung der Methode auch den chemischen Vorgängen in der Muskulatur auf diesem Wege mit Erfolg nachzugehn.

SITZUNG AM 1. JULI 1870.

P. A. Hansen, *Beschreibung eines Fernrohrstativs, welches dem in Bezug auf den Horizont aufgestellten Fernrohr eine parallactische Bewegung mittheilt, nebst Ermittelung des mit θ bezeichneten Positionswinkels.*

Mit einer lithographirten Tafel.

§ 1. Beschreibung des Stativs.

1.

Bei der Beobachtung der bevorstehenden Venusvorübergänge vor der Sonne wird man nicht unterlassen dürfen, ausser den heliometrischen Messungen, die in die erste Linie gestellt werden müssen, auch photographische Aufnahmen des Sonnenbildes mit der Venus zu veranstalten. Es ist hiebei unerlässlich, dem zur Heliophotographie eingerichteten Fernrohr eine solche Aufstellung zu geben, dass es sich parallactisch bewegt, oder mit anderen Worten durch Hülfe eines Räderwerks und einer dieses treibenden Kraft sich fortwährend, höchstens mit sehr geringen Abweichungen, auf dem Parallelkreise bewegt, auf welchem es ursprünglich eingestellt worden ist. Denn wenn diese Einrichtung nicht getroffen wird, so läuft man Gefahr, unvollständige Sonnenbilder zu bekommen, die zum beabsichtigten Zweck ganz unbrauchbar sind, oder wenigstens Sonnenbilder, die im heliophotographischen Fernrohr eine sehr excentrische Lage gehabt haben. Aber um sich von den Unvollkommenheiten, die auch bei den besten dioptrischen Gläsern nicht vermieden werden können, und auf die auf den Photographien vorzunehmenden Messungen nachtheiligen Einfluss äussern möchten, möglichst frei zu machen, ist erforderlich, dass die Aufnahmen bei möglichst concentrischer Lage des Sonnenbildes im Fernrohr vorgenommen werden. Eine Excentricität von Einer oder Zwei Minuten wird indess nicht schaden können.

2.

In meiner kürzlich erschienenen Abhandlung »Bestimmung der Sonnenparallaxe durch Venusvorübergänge vor der Sonnenscheibe etc.«[1]) habe ich gezeigt, dass die Sonnenphotographien mit der Venus zur Bestimmung der Sonnenparallaxe am Vortheilhaftesten verwerthet werden, wenn man sie so einrichtet, dass darauf nicht blos die Entfernungen der Mittelpunkte der Sonne und der Venus, sondern auch der Positionswinkel der letzteren mit Genauigkeit gemessen werden können. Unter den verschiedenen Formeln, die ich zu diesem Zwecke gegeben habe, zeichnet sich die des Art. 73 der genannten Abhandlung vor den übrigen dadurch aus, dass sie die Sonnenparallaxe nicht nur unabhängig von den Tafelfehlern, sondern auch unabhängig von den Längenfehlern der zwei Stationen, auf welchen die Aufnahmen bewerkstelligt werden müssen, giebt. Es trifft hiebei, wenigstens für den Venusvorübergang des Jahres 1874 der günstige Umstand ein, dass die beiden für diese Bestimmung am Günstigsten gelegenen Punkte der Erdoberfläche mit zweien der für die heliometrischen Messungen sich am Günstigsten gestaltenden Punkten zusammen fallen. Nemlich auf der nördlichen Halbkugel der Erde Japan oder die anliegenden Landestheile, und auf der südlichen Halbkugel, mit nothwendiger Berücksichtigung der dort vorhandenen und zugänglichen Landestheile, die Kerguelens- oder die Macdonalds-Inseln.

3.

Die gewöhnlichen parallactischen Aufstellungen, die man hat, leiden an dem Uebelstande, dass sie den Positionswinkel des zu beobachtenden Gestirns nur unsicher geben, und der Fehler, mit welchem der Positionswinkel behaftet ist, in verschiedenen Stellungen des Fernrohrs verschieden ist. Diese parallactischen Aufstellungen können daher, dem Vorhergehenden zufolge, zur Aufnahme der Sonnenphotographien während des Venusvorüberganges nicht angewandt werden, da die Bestimmung des Positionswinkels der Venus hiebei mit Genauigkeit verlangt wird. Zwar habe ich vor Jahren eine Einrichtung der

1) Abhandlungen der mathemat.-physischen Classe der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig. Band IX. Nr. V.

parallactischen Aufstellung oder des Aequatoreals angegeben, bei welcher die Aequilibrirungen möglichst vollständig ausgeführt sind, und durch das der hiesigen Sternwarte gehörige *Repsold*'sche Aequatoreal, welches nach diesen Grundsätzen gebaut ist, Gelegenheit gehabt mich zu überzeugen, dass man mit einem nach denselben Grundsätzen ausgeführten Stativ den Positionswinkel sicher bekommen könnte, aber im gegenwärtigen Falle, wo es sich zwar um genaue Bestimmungen des Positionswinkels handelt, aber in der Genauigkeit der parallactischen Bewegung, im Gegensatze zu jener des Aequatoreals, etwas vergeben werden kann, meinte ich auf einfachere Weise meinen Zweck erreichen zu können.

Das Erste, welches sich darbietet, besteht darin, das zu den heliophotographischen Aufnahmen hergerichtete Fernrohr unmittelbar in Bezug auf den Horizont, oder das Zenith, aufzustellen, also unmittelbar mit einer horizontalen und einer vertikalen Achse zu verbinden. Versieht man das so aufgestellte Fernrohr im Brennpunkt des Objectivs mit Einem, in einer auf der horizontalen Achse senkrecht stehenden Ebene befindlichen, Spinnefaden, welcher also, nachdem die horizontale Achse nivellirt worden ist, einen Vertikalkreis repräsentirt, so ist durchaus keine Befürchtung vorhanden, dass dieser nicht in allen möglichen Lagen des Fernrohrs einen Vertikalkreis darstellen sollte. Denn bei der genannten Aufstellung des Fernrohrs bleiben die einzelnen Theile desselben in derselben Beziehung zur Richtung der Schwerkraft, und an eine Abweichung des Spinnefadens von der Vertikale ist daher nicht zu denken. Die Berichtigung dieses Spinnefadens ist sehr leicht, man braucht nur, ohne vorher zu nivelliren, das Fernrohr auf einen passenden terrestrischen Gegenstand einzustellen, dasselbe, soweit das Gesichtsfeld es erlaubt, auf und nieder zu bewegen, und den vorher eingestellten Spinnefaden, durch die dazu bestimmten Correctionsschrauben so um die Achse des Fernrohrs zu drehen, dass er während der genannten Bewegung den eingestellten Punkt des Gegenstandes nicht verlässt. Hiemit ist die oben ausgesprochene Bedingung erfüllt.

Dieser Spinnefaden wird sich nun auf den Photographien mit abbilden und den Anfangsschenkel des Positionswinkels der Venus in Bezug auf das Zenith des Beobachtungsortes geben. Wie dieser Positionswinkel selbst durch Abmessungen auf der

Photographie und durch Berechnung gefunden wird, werde ich weiter unten zeigen. Da die Zeit der Aufnahme der Photographie jedenfalls zugleich beobachtet werden muss, so kann man den Winkel zwischen dem Vertikal- und dem Declinationskreise immer durch Rechnung genau erhalten, und somit den durch die Photographie in Bezug auf das Zenith erhaltenen Positionswinkel auf den in Bezug auf den Declinationskreis stattfindenden hinführen.

Ich lasse hiebei nicht unbemerkt, dass ein vorangegangenes, mit grösster Schärfe ausgeführtes Nivellement der horizontalen Achse nicht unumgänglich erforderlich ist; wenn man unmittelbar nach jeder photographischen Aufnahme durch Anwendung des Niveaus die Neigung der horizontalen Achse gegen den Horizont bestimmt, so ergiebt sich die Verbesserung, die der abgebildete Vertikalkreis bekommen muss, von selbst.

4.

Die im vor. Art. angegebene Aufstellung des Fernrohrs entspricht freilich, soweit sie bis jetzt erklärt worden ist, der im Art. 1 verlangten parallactischen Bewegung desselben nicht, aber ich habe eine Einrichtung gefunden, durch deren Hinzufügung sie mit hinreichender Genauigkeit zu Wege gebracht wird. Ehe ich diese Einrichtung beschreibe, muss ich anführen, dass ich mich beehrte, in der öffentlichen Sitzung der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften (am 1. Juli) schon das Model eines solchen Stativs vorzuzeigen und dessen Wirkung zu erklären, dass ich es aber seitdem bedeutend vereinfacht habe. Auf dem vorgezeigten Model befanden sich zwei Arme oder Stangen, die während der Bewegung des Fernrohrs einander fortwährend parallel bleiben mussten, und diesen Parallelismus hatte ich durch ein doppeltes, verschiebbares Parallelogramm bewirkt. Schon während meines damaligen Aufenthaltes in Leipzig fiel mir ein, dass das Parallelogramm entbehrt werden könnte, wenn es gelänge die beiden erwähnten Stangen mit einander durch mechanische Einrichtung zu confundiren; ich habe dieses ausführen können und das Model schon demgemäss abändern lassen. In dieser verbesserten Gestalt, die nicht nur eine wesentliche Vereinfachung, sondern auch grössere Sicherheit in den Bewegungen mit sich führt, werde ich das

Stativ hier beschreiben und durch die diesem Aufsatze beigelegten Zeichnungen erläutern.

5.

Von den Haupttheilen des Stativs nenne ich zuerst vier körperliche, um ihre geometrischen Achsen drehbare Achsen oder Wellen. Sie sind die vertikale, die horizontale, die Stunden- und die Declinationsachse und haben eine solche Lage gegen einander, dass ihre geometrischen Achsen sich fortwährend, auf welchen Punkt der Himmelskugel das Fernrohr auch gerichtet wird, in einem und demselben Punkt schneiden. Um möglichster Deutlichkeit willen habe ich das Stativ auf der beifolgenden Tafel zuerst in zwei von einander getrennten Theilen aufgezeichnet. In der Figur 1, welche die Theile zeigt, die von der Stundenachse ausgehen, ist *a* die Stundenachse in ihrer Büchse, *b* die Declinationsachse in ihrem Lager *c*, und mit dem Declinationskreise *d* versehen. Ferner ist *e* ein auch an der Declinationsachse befestigter Rahmen, an welchem die beiden Vorsprünge *f f* angeschraubt sind. Diese sind Ringe oder durchbohrte Platten, und zwar ist der Durchmesser der Durchbohrungen eben so gross, als der Durchmesser der kleinen Cylinder *s s* der Figur 2, so dass sie an diese angeschoben werden können. Diese Durchbohrungen müssen übrigens eine solche Lage bekommen, dass sie mit der Stundenachse concentrisch sind, wenn der Declinationskreis auf den Pol oder 90° Declination gestellt wird. Diese Bedingung kann durch anzubringende Correctionsschrauben leicht sehr genau erfüllt werden. Die Schrauben *g g* der Figur gehören zu diesen Correctionsschrauben, die übrigen habe ich nicht angegeben, da jeder geschickte Mechaniker sie ohnehin wird angeben und anbringen können.

Der Declinationskreis braucht für den hier in Rede stehenden Zweck nur in Graden getheilt und mit einem Nonius versehen zu sein, welcher Zehntelgrade giebt. Er muss übrigens mit einer Vorrichtung zum Feststellen und einer feinen Bewegung von kleiner Ausdehnung versehen sein; diese Vorrichtungen habe ich in der Figur auch nicht mit aufgenommen, da sie auf die gewöhnliche Art ausgeführt werden können.

Das Gegengewicht *h* hat die Bestimmung, dem Gewicht der Declinationsachse und der damit verbundenen Theile entgegen

zu wirken; es ist jedenfalls Platz vorhanden, um es hinreichend schwer machen zu können.

Ein Stundenkreis ist für den gegenwärtigen Zweck nicht erforderlich, statt dessen ist *i* ein mit der Stundenachse verbundenes Kreissegment, welches eine Vorrichtung zum Lösen und Feststellen bekommen muss, und das erste Glied des Räderwerks bildet, durch welches alle Theile des Stativs in Bewegung gesetzt werden sollen.

Dieses Räderwerk kann auf verschiedene Arten eingerichtet werden. Ich will hier die Idee auffassen, die kürzlich von den Herren *Repsold* ausgesprochen worden ist, und darin besteht, das Räderwerk nicht mit einem Regulator zu versehen und durch Gewichte in Bewegung zu setzen, sondern statt dessen sich in eine Kurbel endigen zu lassen, die in jeder Zeitsecunde einen Umlauf vollbringen muss. Ein Gehülfe, in dessen Nähe sich eine mit einem Stundenpendel versehene Uhr oder ein Chronometer befindet, welcher halbe Secunden schlägt, kann mit ausreichender Gleichförmigkeit dieser Kurbel und damit allen entsprechenden Stativtheilen die erforderliche Bewegung mittheilen.

Es sei zu dem Ende das Kreissegment *i* an seinem Umfange mit solchen Zähnen oder Einschnitten versehen, wie für den Eingriff einer Schraube ohne Ende erforderlich ist, und diese Einschnitte oder Zähne sollen die Weite haben, die einer Anzahl von 360 derselben im ganzen Kreisumfange entspricht. An der Welle der mit einfachem Schraubengange versehenen Schraube ohne Ende, die in der Figur nicht sichtbar ist, befindet sich das Rad *k*, welches mit 240 ähnlichen Zähnen oder Einschnitten versehen ist. In das Rad *k* greift die zweite einfache Schraube ohne Ende *l*, und an der Welle dieser befindet sich die Kurbel *m*. Wenn nun auf die oben beschriebene Weise bewirkt wird, dass diese Kurbel in jeder Zeitsecunde Einen Umlauf vollbringt, so wird die Stundenachse eine Bewegung annehmen, die einem Umlauf in 24 Stunden entspricht. Auf diese Weise wird auch die Zusammensetzung des Räderwerks sehr einfach.

6.

Die Figur 2 zeigt den zweiten Theil des Stativs oder den Theil, vermittelst dessen sich das Fernrohr unmittelbar um eine vertikale und eine horizontale Achse bewegt. In dieser Figur

ist α die in ihrer Büchse befindliche vertikale Achse und ζ eine an dieser Büchse, zur Verstärkerung derselben, angegossene Rippe, deren noch zwei ähnliche angebracht werden können, die aber in der Figur nicht mit aufgenommen worden sind.

Die in ihrem Lager γ befindliche horizontale Achse β trägt an ihrem einen Ende das Gegengewicht η und den Rahmen δ, an welchem auf Vorsprüngen die kleinen Cylinder ε ε befestigt sind; am andern Ende trägt sie das Fernrohr $\varkappa$. Das Gegengewicht η dient, um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt des Fernrohrs und der damit fest verbundenen Theile in die Vertikale zu verlegen, in welcher der Arm θ liegt. Die Cylinder ε ε müssen mit der vertikalen Achse concentrisch sein, wenn das Fernrohr, dessen Achse mit denselben parallel sein muss, auf das Zenith gerichtet ist. Diese Bedingung kann auf ähnliche Weise wie für f f der Figur 1 durch anzubringende Correctionsschrauben leicht und sicher erfüllt werden.

Eine zweite Bedingung, die hier noch zu erfüllen ist, besteht darin, dass, nachdem die Ringe f auf die Cylinder ε so weit geschoben worden sind, wie möglich ist, die horizontale und die Declinationsachse concentrisch sein müssen, wenn man sie in eine und dieselbe Ebene bringt. Auch diese Bedingung kann, nachdem das Stativ zusammen gesetzt worden ist, leicht und sicher erfüllt werden.

Der Arm θ lehnt sich an seinem oberen Ende vermittelst zwei Frictionsrollen, von welchen die eine in der Figur blos angedeutet ist, an die horizontale Achse β in der Nähe des Fernrohrs an, unten ist er durch ein Gelenk mit dem Arm λ verbunden, welcher das Gegengewicht ϱ trägt. Die Bestimmung dieses Gegengewichts ist den Druck, welchen das Fernrohr und die damit verbundenen Theile auf die Lager der horizontalen Achse ausübt, aufzuheben. Zu dem Ende ist der Arm λ dort, wo er mit der Büchse der vertikalen Achse in Berührung kommen würde, ringförmig so gearbeitet, dass diese Berührung gänzlich vermieden wird. Er stützt sich vermittelst der Frictionsrolle μ, welcher diametral gegenüber sich eine zweite befindet, auf den an der Büchse der vertikalen Achse angegossenen Vorsprung σ, welcher auf seiner oberen Fläche zur Aufnahme der beiden Frictionsrollen eine kreisförmige Vertiefung bekommen muss. Der Arm π ist am Lager befestigt und geht lose durch eine im Arm λ befindliche Oeffnung. Dieser

Arm π führt, wenn das Fernrohr im Azimuth bewegt wird, den Arm λ nebst dem Gegengewicht ϱ mit sich, so dass letzteres immer in diametraler Stellung zum Fernrohr erhalten bleibt.

Ich lasse nicht unerwähnt, dass das Gegengewicht ϱ auch so eingerichtet werden kann, dass die beiden Frictionsrollen μ wegfällig werden. Diese Einrichtung, die übrigens noch ein zweites Gegengewicht erfordert, wird sich jeder selbst vorstellen können.

Endlich bezeichnet τ eine Vorrichtung von gewöhnlicher Construction, um das ganze Stativ in Bezug auf das Azimuth berichtigen zu können, nachdem es vorher im nahe richtigen Azimuth aufgestellt worden ist.

Die Säule ψ, die sich oben an den Vorsprung σ der Büchse der vertikalen Achse anlegt und mit dieser auf angemessene Weise zu verbinden ist, unten aber sich wie gewöhnlich in einem mit senkrechten Stellschrauben versehenen Dreifuss endigt, bedarf keiner weiteren Beschreibung.

7.

In der Figur 3 sind die Theile, die die Figuren 1 und 2 getrennt zeigen, mit einander verbunden dargestellt, nur sind einige Theile, deren Aufnahme im Hinblick auf die vorhergehende Beschreibung derselben unwesentlich schien, weggelassen. Dagegen ist die Verbindung der vorher beschriebenen Haupttheile dargestellt. Die in der Figur 3 angewandten Bezeichnungen der von den beiden vorhergehenden Figuren aufgenommenen Theile sind dieselben wie im Vorhergehenden.

Die in der Figur 1 dargestellten Theile sind in derselben Lage, die sie dort haben, in der Figur 3 aufgenommen worden, die Theile der Figur 2 muss man sich aber 90° um die vertikale Achse gedreht vorstellen, und zwar so, dass das Fernrohr unterhalb der Ebene der Figur 3 zu liegen kommt und auf den Pol gerichtet ist. Die Cylinder ε ε sind durch die Ringe f f so weit wie möglich gesteckt, so dass die untere Fläche eines dieser Ringe sich an die obere Fläche des Vorsprungs anlehnt, an welcher der betr. Cylinder befestigt ist.

Die Verbindung der Büchse a der Stundenachse mit der Büchse α der vertikalen Achse ist durch den Rahmen A A und einen zweiten ähnlichen bewirkt, welcher auf der entgegen-

gesetzten Seite von a und α angebracht ist. Diese beiden Rahmen haben jeder zwei kreisförmige Ausschnitte, deren Mittelpunkt in der geometrischen Achse der horizontalen Achse, also in der Figur in dem Mittelpunkt von η liegt. Nachdem die Schrauben *B B* und die entsprechenden der entgegengesetzten Seite gelöst worden sind, kann daher durch Hülfe der Schraube *C* die Neigung der Stundenachse gegen die vertikale Achse, mit anderen Worten die Polhöhe des Stativs geändert werden. Die Figur ist für eine Polhöhe von 60° gezeichnet worden, und die Ausdehnung, die den kreisförmigen Ausschnitten gegeben worden ist, gestattet eine Aenderung der Polhöhe bis ohngefähr 30°. Zur einen Seite kann man durch geringe Aenderung des Rahmens *A A* die Grenze bis zur Polhöhe = 0 ausdehnen, zur anderen Seite wird man aber wohl eine Grenze von 70° Polhöhe nicht überschreiten können, die aber für alle Fälle, welche vorkommen können, ausreichen wird. Die Grenze von 60° Polhöhe, die der Zeichnung entspricht, ist für die zunächst bevorstehenden Venusvorübergänge mehr als ausreichend.

Es ist an sich klar, dass, wie der Declinationskreis auch festgestellt sein mag, durch Drehung der Stundenachse, — vorausgesetzt, dass das Azimuth nebst der Polhöhe des Stativs im Voraus hinreichend berichtigt worden sind — um sich selbst die durch die Mittelpunkte der Ringe *f f* gehende grade Linie die parallactische Bewegung, das heisst den Parallelkreis beschreiben muss, welcher der eingestellten Declination entspricht. Da nun der Rahmen *e* mit den Ringen *f f* den Rahmen δ mit den Cylindern ε ε so mit sich führt, dass diese letzteren den Mittelpunkten der Ringe folgen müssen und ausserdem die Achse des Fernrohrs denselben immer parallel bleibt, so muss auch das Fernrohr durch blose Drehung der Stundenachse um sich selbst die parallactische Bewegung beschreiben.

Es ist noch zu bemerken, dass für die Einstellung des Stativs auf eine gegebene Polhöhe der Rahmen *A A* mit keiner Scale oder Theilung versehen zu werden braucht. Es kann hiebei auf folgende Weise verfahren werden. Man stelle das Fernrohr ohngefähr aufs Zenith und in ein Azimuth von ungefähr 180°, also nach Norden; führt man hierauf bei gelöster Declinationsklemme die Declinationsachse auf die Lage hin, die einem Stundenwinkel = 0 entspricht, mit anderen Worten, stellt man die Declinationsachse nahe horizontal und bewegt sie nach beiden

Richtungen um einen kleinen Bogen, wobei das Fernrohr sich entsprechend vom Zenith entfernen wird, so wird zugleich während dieser Bewegung der Declinationskreis verschiedene Declinationen angeben. Diese Angaben des Declinationskreises werden aber auf der einen Seite ein gewisses Maximum nicht überschreiten, während sie sich auf der anderen Seite unbestimmt verkleinern; dieses Maximum aber ist der Polhöhe gleich, welches der zugleich stattfindenden Lage der Stundenachse entspricht. Um dem Fehler vorzubeugen, den eine etwa stattfindende Collimation des Declinationskreises hiebei bewirken könnte, braucht man nur die Declinationsachse 180° um die Stundenachse zu bewegen und, wie oben gezeigt, das Maximum der Angabe des Declinationskreises wieder zu bestimmen. Sollte dieses von jenem verschieden sein, so ist das arithmetische Mittel aus beiden Maximis der Polhöhe gleich. Der halbe Unterschied derselben giebt die Collimation des Declinationskreises, die sich auch auf andere Weise bestimmen und mit jener vergleichen lässt. Auf diese Art kann man leicht die Stundenachse auf jede verlangte Polhöhe einstellen, ohne einer besonderen Scale dazu zu bedürfen.

Es braucht wohl schliesslich kaum bemerkt zu werden, dass diesem Stativ zur Nivellirung der horizontalen Achse ein feines Aufsetzniveau beigegeben werden muss.

8.

Das mit vorbeschriebenem Stativ versehene Fernrohr kann auf alle Punkte des sichtbaren Theiles der Himmelskugel hingeführt werden, es bedarf aber hiezu für jede der beiden Hälften dieser letzteren einer verschiedenen Stellung der beiden Haupttheile, aus welchen es besteht.

Die Figur 4 zeigt die betreffenden Theile von oben gesehen, die horizontale Achse nebst dem Fernrohr liegt nach Westen und die Declinationsachse nach Osten. Es ist dieses die Meridianlage des Fernrohrs. Die Rahmen e und δ mit den Ringen f und den Cylindern ε sind in senkrechter Lage gezeichnet, es ist aber leicht sich zu vergegenwärtigen, dass diese Theile in dieser Lage der genannten Achsen vom Südpunkt durch das Zenith bis zum Nordpunkt des Horizonts, ja noch etwas weiter, bewegt werden können. Man kann also in dieser Lage jede beliebige Declina-

tion auf dem Declinationskreise einstellen, aber man kann nicht ohne Weiteres das Fernrohr auf alle Punkte der sichtbaren Himmelskugel hinführen. Man kann in der Lage, die durch die Figur 4 dargestellt ist, durch Drehung um die Stundenachse von der östlich vom Meridian liegenden Hälfte der sichtbaren Himmelskugel nur einen geringen, dem Meridian am Nächsten liegenden Theil umfassen, dagegen aber alle Sterne, die südlich vom Zenith culminiren, auf der anderen Hälfte vom Meridian bis zu ihrem Untergange verfolgen. Um auch auf der östlichen Hälfte alle diese Sterne von ihrem Aufgange an bis über den Meridian hinaus verfolgen zu können, müssen die vorbenannten Theile des Stativs in die entgegengesetzte Lage gebracht werden. Man stelle zu diesem Ende das Fernrohr zuerst nahe aufs Zenith, worauf man es nahe 180° im Azimuth bewegen kann, während die Declinationsachse sich wenig oder gar nicht bewegt. Hierauf stelle man das Fernrohr nahe auf den Pol, und kann darauf die Declinationsachse 180° bewegen, während dessen sich das Fernrohr wenig oder gar nicht bewegt. Durch diese beiden Drehungen sind die horizontale und die Declinationsachse in die entgegengesetzte Lage in Vergleich mit der Figur gebracht worden. Es ist nemlich jetzt in der Meridianlage die horizontale Achse nebst dem Fernrohr nach Osten und die Declinationsachse nach Westen gerichtet. Von dieser Lage ausgehend kann man alle südlich vom Zenith culminirenden Sterne von ihrem Aufgange bis ein Stück über den Meridian hinaus verfolgen. Durch das Ausgehen von diesen beiden Meridianlagen der vorbenannten Achsen umfasst man also den ganzen, südlich von dem durch das Zenith gehenden Parallelkreis liegenden Theil der sichtbaren Himmelskugel. Man kann grösstentheils immer auch einen Theil der unter dem Horizont liegenden Himmelskugel umfassen, jedoch kommt dieser Umstand nicht in Betracht.

In Bezug auf die nördlich vom Zenith culminirenden Sterne erleiden die vorstehenden Regeln eine Abänderung. In der Lage, die die Figur 4 angiebt, kann man diese Sterne westlich vom Meridian nur höchstens so weit verfolgen, bis der Unterschied zwischen dem Stundenwinkel und dem Azimuth ohngefähr 90° wird, indem für diese Sterne, vom Meridian anfangend, das Azimuth derselben sich rückwärts bewegt. Aber auf dem genannten Unterschiede angelangt, und schon vorher, braucht man nur auf die oben erklärte Art die horizontale Achse mit

dem Fernrohr um 180° zu bewegen, während man die entsprechende Bewegung der Declinationsachse nicht ausführt. Hierauf kann man die genannten Sterne bis zur unteren Culmination, oder wenigstens bis zum Horizont, und noch weiter verfolgen. Geht man von der zweiten oben beschriebenen Meridianlage der horizontalen und der Declinationsachse aus, so kann man auf dieselbe Weise alle nördlich vom Zenith culminirenden Sterne durch den ganzen östlichen Theil der sichtbaren Himmelskugel verfolgen.

In Betreff der Gegend der Himmelskugel, die in der Nähe des Zeniths sich befindet, erleiden die vorstehenden Erklärungen zwar theoretisch betrachtet gar keine Ausnahme, aber man muss aus praktischen Ursachen diesen Theil der Himmelskugel bei der Anwendung dieses Stativs ausschliessen. Der Grund davon ist der, dass in der Nähe des Zeniths der Mechanismus des Stativs von einem kurzen Hebelarm auf einen langen wirken muss, diese Wirkung daher grössere Kraftanwendung erfordert, welche Durchbiegungen im Gefolge haben würde. Vom Zenith ausgehend kann man die Theile des Stativs durch Drehung der Stundenachse um sich selbst gar nicht in Bewegung setzen, da der eben erwähnte kurze Hebelarm alsdann völlig gleich Null wird. Dieser Umstand beeinträchtigt die Anwendung dieses Stativs nicht im Geringsten, da alle in der Nähe des Zeniths culminirenden Sterne grosse oder wenigstens lange andauernde Tagesbögen beschreiben, und es daher immer vermieden werden kann sie, wenn sie sich in der Nähe des Zeniths befinden, zu beobachten.

Ich bemerke noch, dass ich in den vorstehenden Erklärungen und Beschreibungen das Stativ auf der nördlichen Halbkugel der Erde aufgestellt mir gedacht und demgemäss die Beiwörter nördlich und südlich gewählt habe. Denkt man sich hingegen dieses Stativ auf der südlichen Halbkugel aufgestellt, so ist in den Erklärungen südlich statt nördlich und nördlich statt südlich zu lesen, während die Beiwörter westlich und östlich unveränderlich bleiben müssen. Gleicher Weise ist in diesem Falle auf den Zeichnungen *S* (Süden) statt *N* (Norden) und umgekehrt zu lesen.

9.

Zum Schlusse dieses Abschnittes soll die Behandlung des im Vorhergehenden beschriebenen Stativs mit der eines rein parallactischen Stativs verglichen werden. Der Positionswinkel θ, auf dessen Erlangung es hier besonders ankommt, muss mit solcher Genauigkeit erhalten werden, dass die Glieder tg b sin $(N_0'-\theta)$ und tg b' sin $(N_0'-\theta')$ des Ausdrucks der angezogenen Abhandlung für die Sonnenparallaxe mit hinreichender Genauigkeit erhalten werden. Man kann annehmen, dass zur Erlangung hinreichender Genauigkeit in diesen Gliedern der Fehler des Positionswinkels den Betrag von 0,'3 nicht übersteigen darf, und folglich darf der oben erklärte Spinnefaden, so wie dessen Abbildung auf der Photographie, welcher den Anfangsschenkel des Positionswinkels bildet, den eben genannten Fehler von 0,'3 nicht erreichen.

Gesetzt nun, man habe ein parallactisches Stativ construirt, welches im Stande wäre in allen Lagen, die das Fernrohr einnehmen kann, den Positionswinkel genauer wie auf 0,'3 zu geben, so kommt es ausserdem noch auf die richtige Aufstellung dieses Stativs an. Man muss die Correctionselemente der Aufstellung im Voraus so genau ermitteln, dass man den unmittelbar erhaltenen Positionswinkel diesen Elementen gemäss berichtigen kann. Da es hiebei auf eine kleine Anzahl von Secunden ankommt, so muss dieses Stativ mit ansehnlichen, genau getheilten Kreisen versehen sein, und der Beobachter muss durch Beobachtung zweckmässig ausgewählter Fixsterne die genannten Correctionselemente der Aufstellung ermitteln, also eine Anzahl Nebenbeobachtungen ausführen, die namentlich in der Fremde auf zeitweilig eingerichteten Beobachtungsplätzen beschwerlich werden. Unterlässt man diese Vorbereitungen, oder führt man sie nicht genau genug aus, so bekommt man doch unrichtige Positionswinkel, trotzdem das Stativ, der Annahme zufolge, diese an sich mit ausreichender Genauigkeit zu geben vermöchte.

Das oben beschriebene Stativ bedarf dieser Umständlichkeiten gar nicht. Der Spinnefaden im Brennpunkt des Fernrohrs kann, wie oben gezeigt wurde, auf einfache Weise mit mehr wie erforderlicher Genauigkeit berichtigt, und eine etwaige Abweichung der horizontalen Achse von der Horizontalität nach jeder photographischen Aufnahme durch Anwendung des Ni-

veaus mit grösster Leichtigkeit sicher bestimmt werden. Die Erfüllung dieser beiden Bedingungen umfasst aber Alles, welches bei der Anwendung dieses Stativs mit Genauigkeit zu bewerkstelligen ist, denn die Aufstellung desselben in Bezug auf dessen parallactische Theile braucht nur oberflächlich ausgeführt zu werden, und man bedarf dazu ausser einem Meridianzeichen, welches ohnehin auf jeder Station errichtet werden muss, keiner weiteren Hülfsmittel als die, welche ich oben angegeben habe. Höchstens kann zur sicheren Bestimmung der Meridianlage des Stativs gewünscht werden, dass auch die Horizontallage der Declinationsachse durch das Niveau bestimmt werden könne, welche Bestimmung aber keiner besonderen Genauigkeit bedarf.

§ 2. Ermittelung des Positionswinkels ϑ.

10.

Ehe ich zum eigentlichen Thema übergehe, muss ich über die Heliophotographien eines Venusvorüberganges und ihre Behandlung etwas sagen. Meines Erachtens nach dürfen diese Photographien den Sonnendurchmesser nicht kleiner als 110 Millimeter geben, um bei den Abmessungen nicht gar zu kleine Lineargrössen berücksichtigen zu müssen.

Nehmen wir ausserdem den Sonnenhalbmesser zu 32′ an, dann entspricht auf der Photographie $0{,}0572 = \frac{1}{17.5}$ Millimeter einer Secunde. Die Formel des Art. 73 meiner oben angezogenen Abhandlung zeigt aber, dass im Ausdruck für die Sonnenparallaxe die Abmessungen mit dem Factor $\frac{r, r'}{r}$, dessen Logarithmus in dem Vorübergange des Jahres 1874 = 9.5579 ist, multiplicirt werden. Der Divisor der genannten Formel kann zwar im Maximum = 2 werden, aber er erreicht diese Grösse nur im Horizont und wird daher in der Wirklichkeit immer etwas kleiner sein. In Bezug auf die oben im Art. 2 genannten Stationen kann dieser Divisor im Maximum = 1.676 werden, ich werde ihn aber hier, um nicht zu weit zu gehen, = 1.6 annehmen. Verbindet man diesen Werth des Divisors mit den vorstehenden Zahlenangaben, so folgt, dass ein Fehler von $0.0254 = \frac{1}{39.2}$ Millimeter in dem Resultat der Abmessungen auf

zwei einzelnen Photographien einen Fehler von 0,"1 in der Sonnenparallaxe nach sich zieht. Es darf angenommen werden, dass man durch Anwendung eines zu diesen Abmessungen zweckmässig construirten mikroskopischen Apparates noch kleinere Grössen wie $\frac{1}{39}$ Millimeter wird verbürgen können, und die Aufnahme von mehr wie Einer Photographie auf jeder der beiden erforderlichen Stationen muss den übrig bleibenden Abmessungsfehler, wie immer, verkleinern.

11.

Zur Beantwortung der Frage, wie man die Abmessungen auf den Photographien einzurichten habe, mögen die folgenden Bemerkungen dienen.

Hauptbedingungen, die auf jeden Fall befolgt werden müssen, sind:

1) Die zuerst auf Glas erhaltenen negativen Bilder müssen fixirt und ausschliesslich zu den Abmessungen verwendet werden.

2) Die Abmessungen müssen durch einen besonders zu diesem Zwecke zweckmässig construirten mikroskopischen Apparat ausgeführt werden.

3) Zur Vornahme der Abmessungen dürfen auf der Photographie auf keinen Fall Hülfslinien gezogen werden, auch darf man dazu sich keinerlei Nebenapparate bedienen.

Dies vorausgesetzt, sei in der Figur 5 der Kreis *ADBCA* das Bild der Sonnenscheibe, der Kreis *V* das der Venus, und die Linie *AB* das Bild des im Brennpunkt des Objectivs des Fernrohrs befindlichen Vertikalfadens. Die Entfernung des Mittelpunkts der Venus vom Sonnenmittelpunkt findet man, gleich wie bei den heliometrischen Messungen, durch Messung der vier Ränderentfernungen von einander, welche sich mit Sicherheit ausführen lassen, da die Einstellungen sich alle auf tangirende Kreisbögen beziehen.

Das Bild *AB* des Vertikalfadens wird im Allgemeinen auf dem Bilde der Sonnenscheibe excentrisch liegen, und ist deshalb in der Figur so gezeichnet worden. Um dessen kürzeste Entfernung vom Sonnenmittelpunkte zu erhalten, müssen die grössten senkrechten Entfernungen desselben von den diametral einander gegenüber stehenden Punkten *C* und *D* des Sonnen-

randes gemessen werden, welche Messungen auch sicher ausgeführt werden können, da es sich wieder um Tangirungen handelt. Den halben Unterschied der Entfernungen der graden Linie *AB* von den diametralen Punkten *C* und *D* des Sonnenrandes, welcher der kleinsten Entfernung zwischen *AB* und dem Sonnenmittelpunkte gleich ist, werde ich mit k bezeichnen.

Misst man hierauf die kürzeste Entfernung des Venusmittelpunktes von *AB*, wobei wieder die Venusränder angewandt werden müssen, so sind schon, wenigstens theoretisch betrachtet, alle erforderlichen Messungen auf der Photographie ausgeführt. Denn nennt man die letztgenannte kürzeste Entfernung, die in der Figur als durch *EV* bezeichnet gedacht werden kann, l, die vorher schon erhaltene Entfernung der Mittelpunkte Δ_0, und Θ den Positionswinkel der Venus in Bezug auf die Linie *AB*, so bekommt man, je nach der Lage der Venus und des Vertikalfadens auf der Sonnenscheibe, die Ordinate y der Venus in Bezug auf den Sonnenmittelpunkt durch den Ausdruck

$$y = l \mp k$$

und hierauf

$$\sin\Theta = \frac{y}{\Delta_0}$$

womit auch der Positionswinkel gegeben ist. Da die Photographie das Bild der durch die Strahlenbrechung etwas verschobenen Sonnenscheibe giebt, so müssen Δ_0 und Θ durch das im Zusatz 2 der angezogenen Abhandlung entwickelte Verfahren von der Wirkung der Strahlenbrechung befreit werden.

12.

Das im vor. Art. erklärte Verfahren zur Abmessung und Berechnung des Positionswinkels ist nur unter der Bedingung, dass die Ordinate y weit kleiner sei, wie die Entfernung Δ_0 der Mittelpunkte, geeignet den Positionswinkel mit erwünschter Genauigkeit zu geben. Dieser Fall wird wohl in der Anwendung am Häufigsten vorkommen, allein das hier in Rede stebende Verfahren schliesst nicht die sichere Bestimmung der Sonnenparallaxe in dem Falle aus, wo die Ordinate y nicht viel kleiner ist als die Entfernung Δ_0. In solchem Falle müssen die Abmessungen und Berechnungen etwas anders ausgeführt werden, wie im vor.

Art. erklärt wurde. Das folgende Verfahren bezieht sich nicht nur auf diesen Fall, sondern ist ganz allgemein anwendbar.

In dem Dreieck ABV (V Mittelpunkt der Venus) messe man alle drei Seiten und ausserdem, gleichwie im vor. Art., die Linien CF und FD, dann sind wieder alle Data zur Lösung der Aufgabe vorhanden.

Seien

$$AB = c,\ AV = b,\ BV = a$$

$$CF = p,\ FD = q$$

Man rechne nun zuerst

$$s = \tfrac{1}{2}\,(a + b + c)$$

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin\,(s-b)\,\sin\,(s-c)}{\sin s \sin\,(s-a)}}$$

$$k = \tfrac{1}{2}\,(q-p)$$

dann erhält man die Coordinaten des Mittelpunktes der Venus durch die Ausdrücke

$$x = \tfrac{1}{2} c - b \cos A$$

$$y = b \sin A - k$$

und hieraus

$$\varDelta_0 \sin \Theta = y$$

$$\varDelta_0 \cos \Theta = x$$

Zur Controle kann man ausser den oben genannten Linien wieder $\varDelta_0$ und EV unmittelbar messen.

Die Strahlenbrechung kann man immerhin ebenso berücksichtigen, wie im vor. Art. angegeben wurde, genauer verfährt man aber, wenn man die Wirkung der Strahlenbrechung auf jede der gemessenen Linien nach den Ausdrücken des Zusatz 2 zur mehrmals angezogenen Abhandlung berechnet, welches ohne Schwierigkeit geschehen kann.

13.

Um die Begriffe festzustellen, setze ich voraus, dass Θ vom oberen Punkt des Sonnenrandes nach der Linken durch den ganzen Umkreis gezählt werde. Es folgt hieraus, dass wenn die Venus sich links von dem durch den Mittelpunkt der Sonne gehen-

den Vertikalkreise befindet, $\Theta < 180^0$, und wenn sich dieselbe rechts davon befindet, $\Theta > 180^0$ sein wird [1]).

Auf der Photographie des Sonnenbildes wird das Entgegengesetzte stattfinden, wenn man sie so vor sich hält, dass der obere Theil derselben dem oberen Theil der Sonne entspricht.

Sei nun durch Aufsetzung und Umkehrung des Niveaus auf die horizontale Achse des Stativs gefunden worden, dass das Ende der letzteren, welches sich rechter Hand von dem nach der Sonne blickenden Beobachter befindet, m Secunden zu hoch ist, so giebt eine einfache Betrachtung zu erkennen, dass die daraus hervorgehende Verbesserung des Positionswinkels der Venus $m \sec h$ zum Ausdruck hat, wenn h die Sonnenhöhe bedeutet. Der wegen Mangel an Horizontalität der horizontalen Achse berichtigte Positionswinkel ist also =

$$\Theta + m \sec h$$

Dieser bedarf einer zweiten Berichtigung, wenn, wie gewöhnlich der Fall sein wird, das Bild des Vertikalfadens nicht durch den Mittelpunkt des Sonnenbildes geht. Sei wieder die kleinste Entfernung des Bildes des Vertikalfadens vom Mittelpunkt des Sonnenbildes k, positiv wenn sie in der Wirklichkeit rechts, also auf der wie oben gestellten Photographie links vom Sonnenmittelpunkte liegt, dann hat die hieraus entspringende Berichtigung des Positionswinkels $k \operatorname{tg} h$ zum Ausdruck. Bezeichnet man daher den auf das wahre Zenith bezogenen Positionswinkel des Venusmittelpunkts mit Θ_0, so ist

$$\Theta_0 = \Theta + m \sec h + k \operatorname{tg} h$$

Strenge genommen müsste hier h die von der Parallaxe afficirte scheinbare Sonnenhöhe bezeichnen, aber man fehlt nur unmerklich, wenn man die wahre Sonnenhöhe anwendet, ja man darf sogar für h die in der Theorie der Venusvorübergänge ausserdem vorkommende, und in meiner oben angezogenen Abhandlung mit H bezeichnete Höhe anwenden, die ohnehin berechnet werden muss. Man darf daher, ohne merklichen Fehler befürchten zu müssen, statt des vorstehenden Ausdrucks den folgenden

$$\Theta_0 = \Theta + m \sec H + k \operatorname{tg} H \quad (1)$$

[1]) Für Beobachtungen auf der südlichen Halbkugel der Erde gilt dasselbe.

anwenden. Die von m abhängende Verbesserung wird immer klein oder unbedeutend sein, wogegen die von k abhängende, in den Fällen, wo weder k noch H klein sind, nicht unbedeutend werden kann. Man sieht hieraus, dass es von wesentlichem Vortheil ist, bei der Aufnahme der Photographien darauf zu sehen, dass k möglichst klein werde, oder das Bild des Vertikalfadens dem Sonnenmittelpunkt so nahe wie möglich komme.

14.

Ich mache jetzt auf die Bedeutung des zu suchenden Positionswinkels θ aufmerksam. Dieser wird durch den Winkel definirt, den der durch den scheinbaren Ort des Mittelpunkts der Venus und den scheinbaren aphroditocentrischen Ort des Mittelpunkts der Sonne gelegte grösste Kreis mit dem stets an den Nordpol des Aequators gezogenen Declinationskreise des letztgenannten Ortes bildet. Fügt man dem durch die Gleichung (1) erhaltenen Positionswinkel Θ_0 den Winkel am scheinbaren Orte des Sonnenmittelpunkts, zwischen dem durch diesen Ort gehenden Vertikal- und Declinationskreise hinzu, so erhält man den auf den letztgenannten Kreis und den Sonnenmittelpunkt sich beziehenden Positionswinkel des scheinbaren Ortes des Venusmittelpunkts, und reducirt man diesen auf den scheinbaren aphroditocentrischen Ort des Sonnenmittelpunkts, so ergiebt sich θ. Zu dieser letzten Reduction kann der Satz dienen, dass der geocentrische Ort der Venus, der der Sonne und der aphroditocentrische Ort der Sonne auf einem und demselben grössten Kreise liegen.

Bei dieser Auflösung unserer Aufgabe müsste man die scheinbaren Oerter der genannten drei Punkte besonders berechnen und anwenden, welches Weitläuftigkeiten darbieten würde, da diese scheinbaren Oerter in der Theorie der Venusvorübergänge, so wie ich sie entwickelt habe, sonst gar nicht vorkommen. Ich werde daher die Lösung der gegenwärtigen Aufgabe durch ein analytisches Verfahren entwickeln, welches die Berechnung der scheinbaren, eben erwähnten Oerter gar nicht verlangt.

15.

Um die Parallaxen genau in Rechnung ziehen zu können, wollen wir den im Vorhergehenden durch die Gleichung (1) ge-

gebenen Positionswinkel Θ_0, welcher sich auf das wahre Zenith bezieht, uns auf das geocentrische Zenith reducirt denken, und mit Θ'_0 bezeichnen.

Ausserdem soll, wie oben, die auf der Photographie abgemessene Entfernung der Mittelpunkte der Sonne und der Venus mit $\varDelta_0$ bezeichnet werden [1]), und h_0 und h'_0 sollen die sich auf das geocentrische Zenith beziehenden scheinbaren Höhen, so wie a und a' die Azimuthe bedeuten. Die sphärische Trigonometrie giebt hierauf ohne Weiteres

$$\begin{aligned} \sin\varDelta_0 \sin\Theta'_0 &= \cos h_0 \sin(a'-a) \\ \sin\varDelta_0 \cos\Theta'_0 &= \sin h_0 \cos h'_0 - \cos h_0 \sin h'_0 \cos(a'-a) \\ \cos\varDelta_0 &= \sin h_0 \sin h'_0 + \cos h_0 \cos h'_0 \cos(a'-a) \end{aligned}$$

Nennt man ferner $r_{,0}$ und r'_0 die Entfernungen der Venus und der Sonne vom Beobachtungsorte, $r_,$ und r' deren Entfernungen vom Mittelpunkt der Erde, h und h' ihre — ebenfalls auf das geocentrische Zenith sich beziehenden — für den Mittelpunkt der Erde geltenden Höhen, und ϱ den Halbmesser der Erde am Beobachtungsorte, so werden strenge

$$\begin{aligned} r_{,0} \sin h_0 &= r_, \sin h - \varrho, \qquad & r'_0 \sin h'_0 &= r' \sin h' - \varrho \\ r_{,0} \cos h_0 &= r_, \cos h \quad , & r'_0 \cos h'_0 &= r' \cos h' \end{aligned}$$

durch deren Anwendung die beiden ersten der vorstehenden Gleichungen in die folgenden übergehen,

$$\begin{aligned} r_{,0} \sin\varDelta_0 \sin\Theta'_0 &= r_, \cos h \sin(a'-a) \\ r'_0\, r_{,0} \sin\varDelta_0 \cos\Theta'_0 &= r' r_, \{\sin h \cos h' - \cos h \sin h' \cos(a'-a)\} \\ &\quad - r'\varrho \cos h' + r_,\varrho \cos h \cos(a'-a) \end{aligned}$$

die vollkommen strenge sind. Die vorstehenden parallactischen Gleichungen geben ferner strenge

$$r'^2_0 = r'^2 - 2r'\varrho \sin h' + \varrho^2$$

da aber nur die erste Potenz von ϱ berücksichtigt zu werden braucht, so ergiebt sich hieraus

$$\frac{1}{r'_0} = \frac{1}{r'} + \frac{\varrho}{r'^2} \sin h'$$

---

1) Ich bemerke hiezu, dass $\varDelta_0$ mit dem in der oft angezogenen Abhandlung mit b bezeichneten Bogen identisch ist. Ich konnte hier das letztgenannte Zeichen nicht anwenden, weil weiter unten die geocentrische Breite der Venus mit b bezeichnet werden wird, und mit $\varDelta_0$ in den Formeln zusammen vorkommt.



Substituirt man diese und setzt $\cos \varDelta_0 = 1, r' - r, = r,$ wo r die Entfernung der Venus von der Sonne ist, so werden die obigen Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} r,_0 \sin \varDelta_0 \sin \Theta'_0 &= r, \cos h \sin (a'-a) \\ r,_0 \sin \varDelta_0 \cos \Theta'_0 &= r, \{\sin h \cos h' - \cos h \sin h' \cos (a'-a)\} \\ &\quad - \frac{r}{r'} \varrho \cos h' \end{aligned}\right\} (2)$$

die zu den ferneren Entwickelungen sehr geeignet sind, da ihre rechten Seiten blos von geocentrischen Grössen abhängen, und wir daher im Folgenden auch blos mit geocentrischen Grössen zu thun haben werden.

16.

Sei χ' der Winkel am Mittelpunkt der Sonne zwischen h' und dem stets an den Nordpol der Ecliptik gezogenen Breitenkreise derselben, dann ist offenbar $\Theta'_0 + \chi'$ der sich auf den eben genannten Breitenkreis beziehende Positionswinkel der Venus, und die Gleichungen (2) geben zuerst

$$r,_0 \sin \varDelta_0 \sin (\Theta'_0 + \chi') =$$
$$r, \cos h \sin (a'-a) \cos \chi'$$
$$+ r, \{\sin h \cos h' - \cos h \sin h' \cos (a'-a)\} \sin \chi' - \frac{r}{r'} \varrho \cos h' \sin \chi';$$
$$r,_0 \sin \varDelta_0 \cos (\Theta'_0 + \chi') =$$
$$- r, \cos h \sin (a'-a) \sin \chi'$$
$$+ r, \{\sin h \cos h' - \cos h \sin h' \cos (a'-a)\} \cos \chi' - \frac{r}{r'} \varrho \cos h \cos \chi'$$

deren rechte Seiten zu rationalen Functionen der Längen und Breiten der Venus, der Sonne und des geocentrischen Zeniths gemacht werden können.

17.

Stellen wir die eben erhaltenen Gleichungen wie folgt:

$$r,_0 \sin \varDelta_0 \sin (\Theta'_0 + \chi') =$$
$$\sin h \,.\, \sin \chi' \cos h'$$
$$+ \cos h \cos a \{\cos \chi' \sin a' - \sin \chi' \cos a' \sin h'\}$$
$$- \cos h \sin a \{\cos \chi' \cos a' + \sin \chi' \sin a' \sin h'\}$$
$$- \frac{r}{r'} \varrho \cos h' \sin \chi';$$

$$
\begin{aligned}
& r_{,,} \sin \Delta_{,} \cos (\Theta_{,,} + \chi') = \\
& \quad \sin h \,.\, \cos \chi' \cos h' \\
& -\cos h \cos a \,\{\sin \chi' \sin a' + \cos \chi' \cos a' \sin h'\} \\
& +\cos h \sin a \,\{\sin \chi' \cos a' - \cos \chi' \sin a' \sin h'\} \\
& -\frac{r}{r'} \varrho \cos h' \cos \chi'
\end{aligned}
$$

und betrachten die Dreiecke zwischen dem oben genannten Pole der Ecliptik, dem geocentrischen Zenith und dem Orte der Sonne einestheils, sowie dem der Venus anderntheils. Seien L und B Länge und Breite des Zeniths. l und b Länge und Breite der Venus, l' und b' Länge und Breite der Sonne. Da in den Gleichungen, die umgeformt werden sollen, nur der Unterschied der beiden Azimuthe vorkommt, so können wir diese letzteren von jedem beliebigen Anfangsbogen zählen, und zählen wir sie von dem durch das genannte Zenith gehenden Breitenkreise, so sind in dem ersten der beiden oben genannten Dreiecke

die Seiten . . . $90^\circ - B$, $90^\circ - b'$, $90^\circ - h'$
und die Winkel . . . χ', $180^\circ - a'$, $L - l'$

und im zweiten Dreiecke

die Seiten . . . $90^\circ - B$, $90^\circ - b$, $90^\circ - h$
und die Winkel . . . — , $180^\circ - a$, $L - l$

Die sphärische Trigonometrie giebt in diesen Dreiecken unmittelbar die Relationen

$$
\begin{aligned}
& \sin \chi' \cos h' = \sin (L - l') \cos B \\
& \cos \chi' \sin a' - \sin \chi' \cos a' \sin h' = \sin (L - l') \sin B \\
& \cos \chi' \cos a' + \sin \chi' \sin a' \sin h' = \cos (L - l')
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& \cos \chi' \cos h' = \sin B \cos b' - \cos B \sin b' \cos (L - l') \\
& \sin \chi' \sin a' + \cos \chi' \cos a' \sin h' = \cos B \cos b' + \sin B \sin b' \cos (L - l') \\
& \sin \chi' \cos a' - \cos \chi' \sin a' \sin h' = -\sin b' \sin (L - l')
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& \sin h = \sin B \sin b + \cos B \cos b \cos (L - l) \\
& \cos h \cos a = -\cos B \sin b + \sin B \cos b \cos (L - l) \\
& \cos h \sin a = \cos b \sin (L - l)
\end{aligned}
$$

Die Substitution dieser in die obigen Gleichungen giebt fast ohne Reductionen

$$\left.\begin{aligned}r_{,0}\sin\Delta_0\sin(\Theta'_0+\chi') &= r_,\ \cos b\ \sin(l-l')-\frac{r}{r'}T\\ r_{,0}\sin\Delta_0\cos(\Theta'_0+\chi') &= r_,\{\sin b\cos b'-\cos b\sin b'\sin(l-l')\}\\ &\quad-\frac{r}{r'}U\end{aligned}\right\}(3)$$

wo zur Abkürzung

$$T=\varrho\ \cos B\sin(L-l')$$
$$U=\varrho\ \{\sin B\cos b'-\cos B\sin b'\cos(L-l')\}$$

gesetzt worden sind. Zur Bestimmung von χ' enthält das Vorhergehende die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned}\cos h'\ \sin\chi' &= \cos B\sin(L-l')\\ \cos h'\ \cos\chi' &= \sin B\cos b'-\cos B\sin b'\cos(L-l')\end{aligned}\right\}(4)$$

oder [1])

$$\operatorname{tg}\chi'=\frac{T}{U}$$

18.

Die Gleichungen (4) zur Bestimmung von χ' enthalten die Länge und Breite des Zeniths, aber diese können daraus entfernt und durch die grade Aufsteigung und Abweichung desselben Zeniths ersetzt werden. Es ist an sich klar, dass der Winkel χ' in zwei Theile zerlegt werden kann, nemlich in den Winkel an der Sonne zwischen h' und dem Declinationskreise, und dem Winkel zwischen diesem und dem Breitenkreise; sei dieser letztgenannte mit ψ bezeichnet. Die Umformung lässt sich auf dieselbe Weise wie im vor. Art. analytisch ausführen.

Zuerst geben die (4)

$$\begin{aligned}\cos h'\ \sin(\chi'-\psi) &= \cos B\sin(L-l')\cos\psi\\ &\quad-\{\sin B\cos b'-\cos B\sin b'\cos(L-l')\}\sin\psi\\ \cos h'\ \cos(\chi'-\psi) &= \cos B\sin(L-l')\sin\psi\\ &\quad+\{\sin B\cos b'-\cos B\sin b'\cos(L-l')\}\cos\psi\end{aligned}$$

oder

$$\begin{aligned}&\cos h'\ \sin(\chi'-\psi)=\\ &-\sin B.\sin\psi\cos b'\\ &+\cos B\sin L\{\cos\psi\cos l'+\sin\psi\sin l'\sin b'\}\\ &-\cos B\cos L\{\cos\psi\sin l'-\sin\psi\cos l'\sin b'\}\end{aligned}$$

---

1) Die Parallaxe in χ' ist nemlich so gut wie Null.

$$\cos h' \cos (\chi'-\psi) =$$
$$\sin B \,.\, \cos\psi \cos b'$$
$$+\cos B \sin L \,\{\sin\psi \cos l' - \cos\psi \sin l' \sin b'\}$$
$$-\cos B \cos L \,\{\sin\psi \sin l' + \cos\psi \cos l' \sin b'\}$$

Betrachten wir jetzt die beiden Dreiecke zwischen den Nordpolen des Aequators und der Ecliptik, so wie einestheils dem Orte der Sonne, und anderntheils dem geocentrischen Zenith. Seien $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{D}$ grade Aufsteigung und Abweichung der Sonne, A und φ' grade Aufsteigung und Abweichung des geocentrischen Zeniths, und ε die Schiefe der Ecliptik, dann sind im ersten dieser beiden Dreiecke

die Seiten . . . $\varepsilon,\ 90^\circ - b',\ 90^\circ - \mathfrak{D}$
und die Winkel . . . $\psi,\ 90^\circ + \mathfrak{A},\ 90^\circ - l'$

und im zweiten

die Seiten . . . $\varepsilon,\ 90^\circ - B,\ 90^\circ - \varphi'$
und die Winkel . . . $-,\ 90^\circ + A,\ 90^\circ - L.$

Die sphärische Trigonometrie giebt jetzt unmittelbar die Relationen

$$\sin\psi \cos b' = \cos\mathfrak{A} \sin\varepsilon$$
$$\cos\psi \cos l' + \sin\psi \sin l' \sin b' = \cos\mathfrak{A} \cos\varepsilon$$
$$\cos\psi \sin l' - \sin\psi \cos l' \sin b' = \sin\mathfrak{A}$$

$$\cos\psi \cos b' = \cos\varepsilon \cos\mathfrak{D} + \sin\varepsilon \sin\mathfrak{D} \sin\mathfrak{A}$$
$$\sin\psi \cos l' - \cos\psi \sin l' \sin b' = \sin\varepsilon \cos\mathfrak{D} - \cos\varepsilon \sin\mathfrak{D} \sin\mathfrak{A}$$
$$\sin\psi \sin l' + \cos\psi \cos l' \sin b' = \sin\mathfrak{D} \cos\mathfrak{A}$$

$$\sin B = \sin\varphi' \cos\varepsilon - \cos\varphi' \sin\varepsilon \sin A$$
$$\cos B \sin L = \sin\varphi' \sin\varepsilon + \cos\varphi' \cos\varepsilon \sin A$$
$$\cos B \cos L = \cos\varphi' \cos A$$

---

womit die obigen Gleichungen sogleich in die folgenden übergehen,

$$\cos h' \sin(\chi'-\psi) = \cos\varphi' \sin t$$
$$\cos h' \cos(\chi'-\psi) = \sin\varphi' \cos\mathfrak{D} - \cos\varphi' \sin\mathfrak{D} \cos t$$

wo $t = A - \mathfrak{A}$, oder den Stundenwinkel der Sonne, oder das 15fache der wahren Sonnenzeit des Beobachtungsortes bezeichnet. Zur Bestimmung von ψ geben zwei der vorstehenden Gleichungen, da $\cos b' = 1$ gesetzt werden kann,

$$\left.\begin{aligned}\sin\psi &= \sin\varepsilon\cos\mathfrak{A}\\ \cos\psi &= \cos\varepsilon\cos\mathfrak{D} + \sin\varepsilon\sin\mathfrak{D}\sin\mathfrak{A}\end{aligned}\right\}\quad(5)$$

in diesen beiden Systemen von Gleichungen sind Länge und Breite des Zeniths eliminirt.

19.

Es ist jetzt eine wesentliche Bemerkung zu machen, die darin besteht, dass man die Verwandlung des Positionswinkels Θ_0, welcher sich auf das wahre Zenith bezieht, in Θ'_0, welcher sich auf das geocentrische Zenith bezieht, nicht auszuführen braucht. Es bedeutet dem Vorhergehenden zufolge $\Theta'_0 + \chi' - \psi$ den Positionswinkel der Venus am Mittelpunkt der Sonne, vom Declinationskreise der letzteren ausgehend, und dieselbe Bedeutung hat augenscheinlich auch der Bogen $\Theta_0 + \chi - \psi$, wenn χ im Dreieck zwischen dem Nordpole des Aequators, dem wahren Zenith und der Sonne den Winkel an der letzteren bezeichnet. Da nun in beiden Ausdrücken $\Theta'_0 + \chi' - \psi$ und $\Theta_0 + \chi - \psi$ der Bogen ψ denselben Werth hat, da er vom Zenith unabhängig ist, so wird

$$\Theta'_0 + \chi' = \Theta_0 + \chi$$

und die Gleichungen für χ bekommt man, wenn man in denen für χ' die Polhöhe φ statt der geocentrischen Breite φ' des Zeniths substituirt. Die Reduction von Θ_0 auf Θ'_0, die oben vorausgesetzt wurde, hatte keinen anderen Zweck, als die genaue Berücksichtigung der Parallaxen.

Rechnet man nun zwar ψ durch die Gleichungen (5) aber χ durch die folgende

$$\operatorname{tg}(\chi - \psi) = \frac{\cos\varphi\sin t}{\sin\varphi\cos\mathfrak{D} - \cos\varphi\sin\mathfrak{D}\cos t}$$

so gehen die (3) in die folgenden über,

$$\left.\begin{aligned} r,_0\sin\Delta_0\sin(\Theta_0 + \chi) &= r,\ \cos b\sin(l - l') - \frac{r}{r'}T\\ r,_0\sin\Delta_0\cos(\Theta_0 + \chi) &= r,\ \{\sin b\cos b' - \cos b\sin b'\cos(l - l')\}\\ &\quad - \frac{r}{r'}U\end{aligned}\right\}\quad(6)$$

wo T und U dieselbe Bedeutung haben wie im Art. 17.

20.

Führen wir in die Gleichungen (6) die aphroditocentrische Länge und Breite der Sonne ein, die wie früher mit λ' und β' bezeichnet werden sollen, und bedienen uns dazu der Gleichungen des Art. 2 meiner oft angezogenen Abhandlung, nemlich

$$\begin{aligned} r' \sin(l-l') &= r\cos\beta' \sin(l-\lambda') \\ r' \cos(l-l') &= r\cos\beta' \cos(l-\lambda') + r_{,} \cos b \\ r' \sin b' &= r \sin\beta' \qquad\qquad + r_{,} \sin b \end{aligned}$$

wo wieder r den Radius Vector der Venus bezeichnet, und schon $\cos b' = 1$ gesetzt worden ist. Diese Gleichungen geben

$$\cos b \sin(l-l') = \frac{r}{r'} \cos\beta' \cos b \sin(l-\lambda')$$

$$\sin b \cos b' - \cos b \sin b' \cos(l-l') =$$
$$\frac{r^2}{r'^2} \cos\beta' \{\sin b \cos\beta' - \cos b \sin\beta' \cos(l-\lambda')\}$$
$$- \frac{r_{,}r}{r'^2} \cos b \{\cos b \sin\beta' - \sin b \cos\beta' \cos(l-\lambda')\}$$

Setzen wir

$$x = \cos\beta' \{\sin b \cos\beta' - \cos b \sin\beta' \cos(l-\lambda')\}$$
$$+ \cos b \{\cos b \sin\beta' - \sin b \cos\beta' \cos(l-\lambda')\}$$

so erhalten wir, wenn wie früher $r + r_{,} = r'$ gesetzt wird,

$$\sin b \cos b' - \cos b \sin b' \cos(l-l') =$$
$$\frac{r}{r'} \cos\beta' \{\sin b \cos\beta' - \cos b \sin\beta' \cos(l-\lambda')\} - \frac{r_{,}r}{r'^2} x.$$

Bezeichnet man die für den Mittelpunkt der Erde geltende Entfernung der Mittelpunkte der Venus und der Sonne von einander mit $\varDelta$, so wird

$$\cos\varDelta = \sin b \sin b' + \cos b \cos(l-l')$$

und führt man durch die obigen Gleichungen hierin α' und β' statt l' und b' ein, so wird

$$\cos\varDelta = \frac{r}{r'} \{\sin b \sin\beta' + \cos b \cos\beta' \cos(l-\lambda')\} + \frac{r_{,}}{r'}.$$

[illegible] [...]druck für x leicht auf die Form

[illegible] $\{1 - \sin b \sin\beta' - \cos b \cos\beta' \cos(l-\lambda')\}$

hingeführt werden kann, so wird auch strenge

$$x = 2 \sin\tfrac{1}{2}(\beta' + b) \cos\tfrac{1}{2}(\beta' - b)\left(1 + \frac{r_,}{r} - \frac{r'}{r}\cos\Delta\right)$$

oder nach zulässigen Abkürzungen

$$x = \frac{r'}{r}\sin\tfrac{1}{2}(\beta' + b)\sin^2\Delta.$$

Es folgt hieraus

$$\sin b \cos b' - \cos b \sin b' \cos(l - l') =$$
$$\frac{r}{r'}\cos\beta'\{\sin b\cos\beta' - \cos b\sin\beta'\cos(l - \lambda')\}$$
$$- \frac{r_,}{r'}\sin\tfrac{1}{2}(\beta' + b)\sin^2\Delta$$

und die Gleichungen (6) gehen über in

$$\left.\begin{aligned}\frac{r_{,0}}{r_,}\sin\Delta_0\sin(\Theta_0 + \chi) &= \frac{r}{r'}\cos\beta'\cos b\sin(l - \lambda') - \frac{r}{r_, r'}T \\ \frac{r_{,0}}{r_,}\sin\Delta_0\cos(\Theta_0 + \chi) &= \frac{r}{r'}\cos\beta'\{\sin b\cos\beta' - \cos b\sin\beta'\cos(l - \lambda')\} \\ &\quad - \frac{r_,}{r'}\sin\tfrac{1}{2}(\beta' + b)\sin^2\Delta - \frac{r}{r_, r'}U.\end{aligned}\right\} 7)$$

21.

Wenden wir uns jetzt zum Positionswinkel θ, und setzen, wie in meiner Abhandlung über die »Theorie der Sonnenfinsternisse u. s. w.« ausgeführt worden ist,

$$\theta = \theta_, - h$$

wo h durch die Gleichung

$$\sin h = \frac{\sin\varepsilon\cos\alpha'}{\cos\beta'}$$

definirt wird, dann wird zufolge der oft angezogenen Abhandlung strenge

$$\begin{aligned} u\sin\theta_, &= m r_, \cos b\sin(l - \lambda') & &- mT' \\ u\cos\theta_, &= m r_, \{\sin b\cos\beta' - \cos b\sin\beta'\cos(l - \lambda')\} & &- mU'\end{aligned}$$

wenn

$$\begin{aligned} T' &= \varrho\cos B\sin(L - \lambda') \\ U' &= \varrho\{\sin B\cos\beta' - \cos B\sin\beta'\cos(L - \lambda')\}\end{aligned}$$

Hat man solchergestalt $\varDelta$, ψ, h berechnet, so bekommt man

$$\theta = \Theta_0 + \varDelta + \psi - h$$

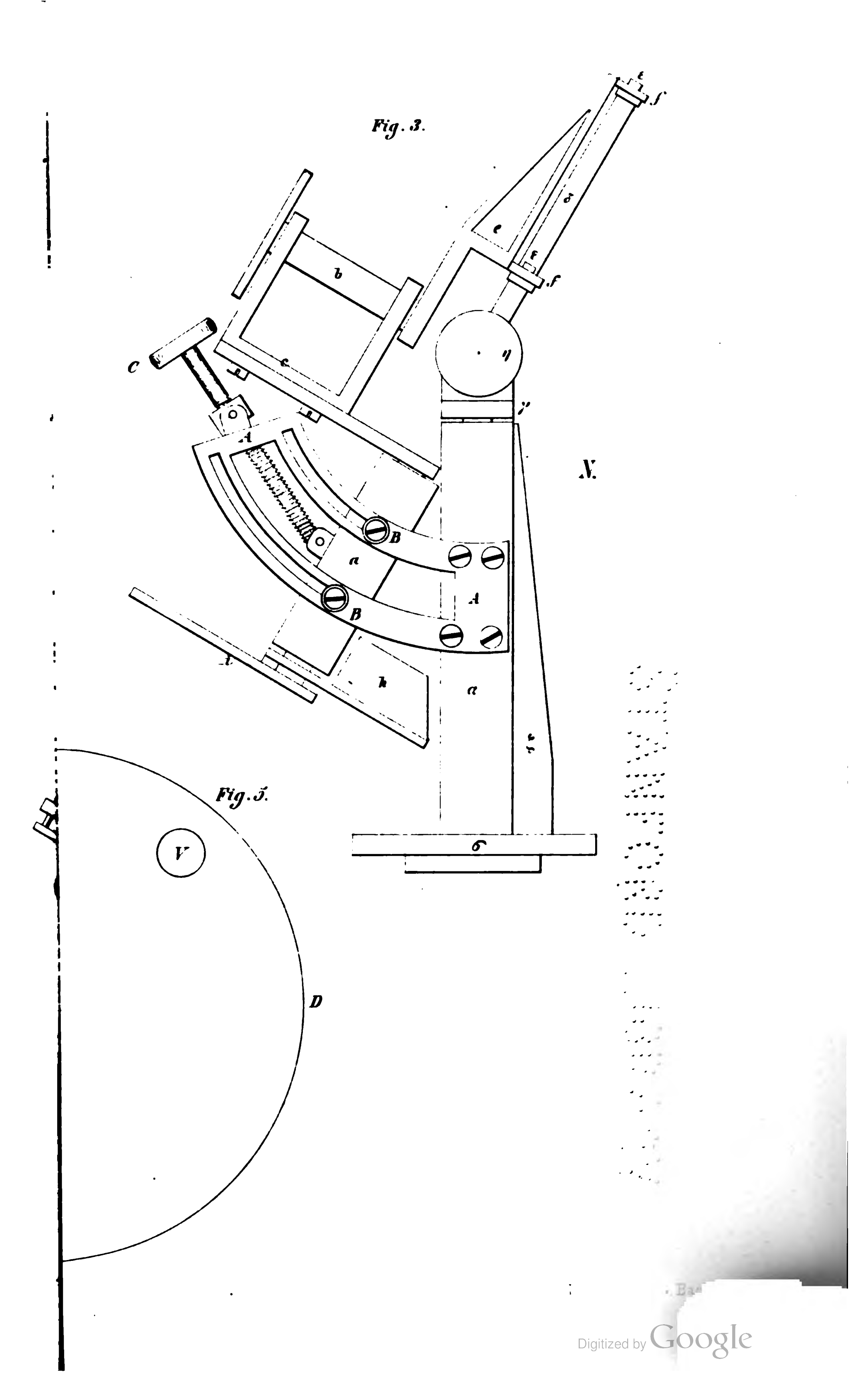
und ebenso bekommt man für die zweite zur Erlangung der Sonnenparallaxe hinzuzuziehende Station den entsprechenden Positionswinkel θ'. Man kann hierauf durch den Ausdruck

$$\varrho_0 = \frac{\frac{r.r'}{r}\{\text{tg}\, b \sin(N_0 - \theta) - \text{tg}\, b' \sin(N_0 - \theta')\} - \frac{\tau' - \tau}{15} \cdot \frac{\tau_0 - \mu}{15} \cdot \frac{n n_0}{m}}{l' \cos H' \sin W'_0 - l \cos H \sin W_0}$$

des Art. 73 der oft angezogenen Abhandlung die Aequatoreal-Sonnenparallaxe ϱ_0 unabhängig von den Tafelfehlern und den Längenfehlern der beiden Beobachtungsörter erhalten, da die Berechnung der übrigen darin vorkommenden Grössen dort ausführlicher erklärt worden ist. Die beiden Photographien, die zu dieser Bestimmung von ϱ_0 zu verwenden sind, dürfen in möglichst verschiedenen Zeitpunkten aufgenommen worden sein.

Ueberhaupt kann man auf jede der, auf den verschiedenen Stationen erhaltenen, Photographien, ohne Ausnahme, die erste Gleichung des Art. 73 der oft angezogenen Abhandlung anwenden, und hierauf aus der Gesammtheit dieser Gleichungen, mit Zuziehung der Methode der kleinsten Quadrate, den wahrscheinlichsten Werth der aus denselben folgenden Sonnenparallaxe berechnen. Es wird hiebei am Zweckmässigsten $\tau_0 = \mu$ gesetzt.




Fig. 3.
b
c
C
A
B
B
A
a
a
i
h
e
δ
ε
f
f
η
γ
N.
6
Fig. 5.
V
D

SITZUNG AM 1. AUGUST 1870.

Mohammed Effendi Hafiz. *Ueber die motorischen Nerven der Arterien, welche innerhalb der quergestreiften Muskeln verlaufen.* Aus dem physiolog. Institute. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit einem Holzschnitt.

Der Bau und die Lebenseigenschaften der quergestreiften Muskeln lassen erwarten, dass ihr Blutstrom einige Eigenthümlichkeiten vor dem in andern Körpertheilen voraus habe. So erscheint es unzweifelhaft, dass die Dimensionen der Gefässe selbst je nach der Erschlaffung oder der Verkürzung der Muskelfasern sich ändern; denn die Gefässe, welche der Länge des Muskels parallel verlaufen, werden bei der Zusammenziehung sich verkürzen und die senkrecht auf diese Richtung ausgestreckten werden bei dem Uebergang desselben aus der Erschlaffung in die Verkürzung ausgedehnt werden. Da sich die Muskeln, welche von Fascien umschlossen sind, während der Zusammenziehung erhärten, so werden auch voraussichtlich die Räume zwischen den Muskelröhren mit merklicher Gewalt zusammengepresst, so dass das eindringende Blut grössere Widerstände findet und das in den Venen vorhandene ausgepresst wird. — Demnach würde durch den zusammengezogenen Muskel weniger Blut fliessen als durch den ruhenden. Nach den chemischen Lebenäusserungen des zusammengezogenen Muskels darf man aber das gerade Gegentheil erwarten; denn weil er mehr Kohlensäure entwickelt und mehr Sauerstoff verbraucht, so sollte doch auch der zusammengezogene Muskel mehr Blut empfangen haben als der ruhende.

Die Beobachtung des Blutstroms am lebenden Muskel, die allein entscheiden kann, welche von beiden Annahmen das Richtige trifft, hat zwar streng genommen gegen beide entschieden, jedoch so, dass den chemischen Anforderungen mehr als den mechanischen genügt wird. An den lebenden Muskeln, die entweder an ihrem natürlichen Standort, oder ausgeschnitten, durch den natürlichen oder durch den künstlichen Blutstrom gespeist wurden, haben *Sczelkow*, *Al. Schmidt*, *W. Sadler* und *J. Genersich* im hiesigen Laboratorium der Reihe nach ermittelt: 1. Bei normalem Blutdruck fliesst durch den ruhenden Muskel im Verhältniss zur Zahl seiner Capillaren und dem Umfang seiner Arterien und Venen wenig Blut. 2. Wenn ein Muskel nach längerer Ruhe in einen vorübergehenden Tetanus versetzt wird, so steigt die Geschwindigkeit seines Blutstromes an; und zwar entweder mit dem Eintritt des Tetanus oder auch nach Beendigung desselben mit der Wiederherstellung des erschlafften Zustandes. Dieser beschleunigte Strom hält jedoch nur kurze Zeit an und bietet während seines Bestehens bedeutende Schwankungen dar. Wird rasch auf einander der tetanische Anfall mehrmals erzeugt, so nimmt mit jedem folgenden die Beschleunigung des Blutstroms ab, so dass schliesslich auch Fälle erscheinen, in welchen während der Contraction der Blutstrom langsamer ist, als in der Ruhe. —. 3. Wenn das Blut unter höherem Druck durch den Muskel strömt, so hört die Beschleunigung des Stroms, welchen dieser höhere Druck bei seinem Eintritt hervorgerufen, nach einiger Zeit auf; kehrt man alsdann zu einem niederen Druck zurück, so pflegt dieser eine bedeutend geringere Geschwindigkeit des Stroms zu erzeugen, als er es vor der Anwendung des höheren Druckes vermochte. — 4. Umgekehrt kann ohne Aenderung des Druckes eine geringe Geschwindigkeit in eine grössere verwandelt werden, wenn man den Strom für einige Zeit ganz unterbricht. Nach Wiederherstellung des letzteren fliesst das Blut viel reichlicher als vor der Unterbrechung desselben. Diese Beschleunigung pflegt ebenfalls nur kurze Zeit zu bestehn. — 5. Die Unterschiede der Stromgeschwindigkeit, welche hier erwähnt werden, können sehr bedeutende Werthe annehmen. Da diese Aenderungen des Stroms, wie ersichtlich, nicht aus den Umformungen zu verstehn sind, welche die Gefässe durch die Erschlaffung und Zusammenziehung der Muskelmassen erfahren, in denen sie sich verbrei-



ten, so ist man bei dem Versuche sie zu erklären auf die Muskeln und Nerven der Gefässwand selbst angewiesen. Unter der letzteren Voraussetzung werden die starken Unterschiede der Strömung aber nur dann begreiflich sein, wenn man sehr bedeutende Aenderungen in dem Durchmesser der Gefässe voraussetzen darf. Insofern sich also jene Variationen der Lichtungen, wie es in der That der Fall, bei demselben Blutdruck ereignen sollen, muss den Wandungen der Gefässe ein grosser Spielraum der Nachgiebigkeit zugeschrieben werden. Mit dieser Forderung stimmt nun auch die anatomische Erfahrung überein, dass die Arterien der quergestreiften Muskeln von einer verhältnissmässig sehr starken Ringfaserschicht umgeben sind.

Die Ursachen für den jedesmaligen Verkürzungsgrad der arteriellen Ringfasern können nun ebensowohl gelegen sein in Erregungen, die vom verlängerten Mark ausgehn, als auch in solchen, die unmittelbar auf die Gefässwand selbst wirken. Dass dieser letztere Ort von dem Reize zunächst ergriffen werden kann, steht ausser aller Frage für alle die in der vorstehenden Aufzählung enthaltenen Fälle, in welchen die Aenderungen des Blutstroms an Präparaten vorkamen, bei welchen das Gehirn und Rückenmark auf das beobachtete Stromgebiet gänzlich einflusslos sein mussten, entweder weil die genannten Centraltheile gänzlich fehlten, oder weil die Nerven, welche den betreffenden Muskel versorgen, durchschnitten waren. — Um nun auch in den Fällen, in welchen der Hirneinfluss nicht ausgeschlossen war, über seine wirklich stattfindende Betheiligung ins Klare zu kommen, war es nothwendig neue Versuche anzustellen, welche jedoch nur dann mit einiger Aussicht auf ein Gelingen unternommen werden konnten, wenn man sich über den Verlauf und die Reizbarkeitserscheinungen der motorischen Nerven ins Klare gebracht hatte, welche die Arterien innerhalb der Muskeln versorgen.

Da die quergestreiften Muskeln einen sehr grossen Theil unserer Körpermasse ausmachen, da sie ferner zu den gefässreichsten Organen zählen, so ist auch der Blutstrom durch sie einer der wesentlichsten Theile des gesammten Kreislaufes, und desshalb schien es statthaft, meine Zeit der eben gestellten Aufgabe zuzuwenden. Bei ihrer Ausführung hatte ich mich der Beihülfe des Herrn Prof. *C. Ludwig* zu erfreuen.

Da bekanntlich alle Gefässnerven ihren Ursprung aus dem

Rückenmark nehmen und da fernerhin jede Reizung des Rückenmarks auf die Gefässnerven geradeso wirkt, als wenn ein Stamm derselben ausserhalb des Rückenmarks ergriffen worden wäre, so schien es mir, bei unserer Unbekanntschaft mit dem Laufe der Gefässnerven quergestreifter Muskeln ausserhalb des Rückenmarkes der sicherste Weg, das Rückenmark selbst zu reizen, um über die Eigenschaften der genannten Gefässnerven Aufschluss zu erhalten. Das Verfahren, das ich in Anwendung brachte, war das folgende.

I. In einer ersten Versuchsreihe kamen Hunde und Kaninchen zur Verwendung, welche entweder unvergiftet oder auch mit Curare bis zur vollständigen Lähmung der Skeletmuskeln vergiftet waren. Zu diesem letztern Mittel griff ich darum, weil dasselbe, wenn es nicht in zu hohen Dosen gegeben wird, die Gefässnerven nicht lähmt, während es die Skeletmuskeln selbst dem Nervenreiz unzugänglich macht. An einem Thiere von solcher Beschaffenheit durfte man demnach hoffen die Wirkungen der Gefässnerven rein hervortreten zu sehen, da die Störungen ausfielen, welche nach *Sadler* in den Blutstrom der zusammengezogenen Muskeln eintreten. Nachdem die Vergiftung geschehen und die künstliche Athmung eingeleitet war, durchschnitt ich das Rückenmark zwischen dem Hinterhauptsbein und dem Atlas. Hierauf bohrte ich einen starken Stahlstift durch den Bogen des Atlas bis zu dem gegenüberliegenden Wirbelkörper und ebenso einen zweiten Stift durch das untere Ende des zweiten Halswirbelbogens, der ebenfalls das Mark durchsetzte. Diese Stifte ragten so weit über die Haut hervor, dass jeder eine Klemme aufnehmen konnte, welche mit der secundären Rolle des bekannten Schlittenapparates in Verbindung stand. Um den elektrischen Strom von den Muskeln und der Haut abzuhalten, wurde jeder derselben so weit mit einem Stück von Guttapercha überkleidet, als derselbe durch die genannten Weichtheile hindurchging. War dieses vorbereitet, so wurde nun eine Canüle in eine der beiden Carotiden eingeführt und diese mit dem registrirenden Manometer in Verbindung gebracht. Diese letztere Maassregel ward ergriffen, um ein Kennzeichen für die Wirksamkeit der Reizung zu gewinnen, welche auf die Gefässnerven beabsichtigt war. Nachdem auch dieser Theil der Operation ausgeführt war, wurden Muskelarterien blossgelegt. In den ersten Versuchen wählte ich Arterien des

Oberschenkels, in den späteren solche des Vorderarms aus. Da die grossen Arterien der Gliedmassen in der Regel von den Muskeln bedeckt werden, so dringen auch die Aeste und Aestchen in das Muskelfleisch nicht von der Seite der Haut, sondern von der des Knochens her ein. Man muss dessbalb, um zu den Muskelarterien zu gelangen, die Muskelbäuche zurückschlagen, unter Umständen die Ansatzpunkte der Sehnen an die Knochen durchtrennen, kurz Operationen ausführen, welche unter Umständen wie z. B. am M. biceps femoris keineswegs für den Blutstrom in den betreffenden Theilen gleichgültig sind. Der grösseren Zahl der gerügten Uebelstände entgeht man bei der Benutzung derjenigen Zweige der Art. ulnaris, welche in dem Ellenbug zu den eng aneinander gelegten Muskeln für die Beugung der Hand und Zehen gehn. An diesem Orte kann man nach einem mässig langen Schnitt durch die Cutis und die Fascia antibrachii sogleich mit einem Scalpellstiel die Muskelbäuche nahe an ihrem obern Ursprung auseinander schieben und dadurch zu dem grossen Muskelast der A. ulnaris gelangen. Von hier aus sieht man Zweige von sehr verschiedenen Durchmessern bis zu solchen von kaum sichtbarer Grösse herab vor sich liegen, deren Caliberänderungen ebensowohl mit blosem Auge als mit der Lupe zu verfolgen ist. Jeder sorgsame Beobachter wird aber bald bemerken, dass die Beurtheilung von Aenderungen des Durchmessers so kleiner Gefässe sehr schwierig, ja überhaupt nur dann möglich ist, wenn dieselben sehr rasch aufeinander folgen, oder bis zum Verschwinden der Gefässlichtung fortschreiten, wobei die rothe Farbe der Arterie auslöscht, oder im Verlaufe eines Gefässes nur theilweise eintreten, so dass perlschnurartig, enge und weite Schnitte wechseln, oder endlich wenn sie es bedingen, dass Arterien, welche bis dahin pulsirten, pulslos werden und umgekehrt bis dahin pulslose zu pulsiren anfangen.

Da nun aber die eben als sicher aufgestellten Merkmale keineswegs immer sichtbar sind, so ergriff ich für gewöhnlich noch ein anderes Mittel, um mir über die Aenderungen des Blutstroms Aufschluss zu verschaffen. Dieses bestand darin, dass ich einen Muskelbauch und zwar im rothen Fleisch desselben senkrecht gegen seine Fasern durchschnitt. Wenn auf einem solchen Durchschnitt eine grössere stark blutende Arterie durchschnitten war, so unterband ich dieselbe, um das Urtheil durch

das auf die Wundfläche ergossene Blut nicht trüben zu lassen. Solche Muskelwunden, die mit Vermeidung grösserer Arterien angelegt sind, bluten in der Regel äusserst wenig, und es kann desshalb mit Sicherheit entschieden werden, ob die Blutung in Folge eines hinzugetretenen Umstandes vermehrt oder vermindert sei.

II. In anderen Versuchen vervollständigte ich die bisher beschriebene Vorbereitung noch dadurch, dass ich den Plexus brachialis hoch oben in der Achselhöhle aufsuchte und durchschnitt und das periphere Ende desselben mit einem Faden umschlang. Hierdurch war mir Gelegenheit gegeben, gleichzeitig den Plexus mit dem Rückenmark zu reizen, wenn ich nämlich neben den Elektroden, die am Rückenmark sassen, auch noch zwei andere an die durchschnittenen Nerven ansetzte, oder aber, indem ich das Letztere unterliess, die Reizung aller übrigen Nerven mit Ausnahme derjenigen vorzunehmen, welche in dem durchschnittenen Nervengeflecht verliefen.

Da das Curare nicht ganz ohne Einfluss auf die Lebenseigenschaften der Gefässnerven ist, so unternahm ich auch Versuche, wie die eben beschriebenen an Hunden und Kaninchen, die nicht mit Curare vergiftet waren, um dem Einwand vorzubeugen, dass die negativen Resultate auf die Rechnung der Vergiftung zu schieben seien. Die Anwendung unvergifteter Hunde hat jedoch ihre grossen Nachtheile, weil bei jeder intensiven Reizung des Halsmarkes alle Muskeln des ganzen Körpers tetanisch werden. Hierdurch werden erstens viele Arterienstämme gepresst und zweitens die Strömungen innerhalb des Muskelfleisches selbst auf die von *Sadler* beschriebene Weise geändert. Man bleibt darum bei dieser Methode nur auf die Beobachtung von Stämmchen angewiesen, welche frei zwischen den Muskeln laufen.

III. In den Beobachtungen, welche nach dem bis dahin beschriebenen Plane ausgeführt wurden, konnte natürlich nur eine beschränkte Zahl von Arterien auf ihr Verhalten während der Rückenmarksreizung untersucht werden. Zudem waren die betrachteten Arterien durch ihre Blosslegung in Verhältnisse gebracht, welche an und für sich schon Veranlassung zu Contractionen der Wand geben konnten. Desshalb schien es wünschenswerth, noch auf eine andere Weise den Zustand der Muskelarterien während der Rückenmarksreizung zu prüfen.



Hier bot sich nun als ein einzuschlagender Weg die Ermittlung der Blutmenge dar, welche durch eine grössere vorzugsweise in Muskelzweige zerfallende Arterie vor und während der Rückenmarksreizung fliesst. Wenn die Muskelarterien während der letztern sich nicht verengten, so war zu erwarten, dass der Blutstrom durch die Muskeln während der Rückenmarksreizung viel rascher strömte als vor derselben, weil der Druck des Blutes zu jener Zeit sehr gewachsen war. Blieb dagegen die Geschwindigkeit unverändert oder minderte sie sich gar, so war auch auf eine Verengung der Muskelarterien zu schliessen. Dieses eben geschilderte Princip gewährt offenbar den Vortheil, dass gleichzeitig der Zustand der Arterien in grossen Abschnitten geprüft wird und dass die geprüften Arterien in durchaus natürlichen Verhältnissen verbleiben. Um das Vorhaben zur Ausführung zu bringen, setzte ich in die A. cruralis, bevor dieselbe ihre Zweige zu den Muskeln des Oberschenkels abgiebt, die Stromuhr und mass das durch dieselbe gehende Blutvolumen vor, während und nach Reizung des durchschnittenen Rückenmarks. Da die A. cruralis nur Haut- und Muskelzweige (von den kleinen Knochenarterien abgesehen) abgiebt, und da ferner bei der Rückenmarksreizung die Hautarterien ganz geschlossen oder mindestens sehr verengt werden, so konnte aus der Veränderung, welche die Stromgeschwindigkeit während der Rückenmarksreizung erlitt, auf den Zustand der Muskelarterien des ganzen Schenkels geschlossen werden. Von diesen mühsamen Versuchen kann ich leider nur einen gelungenen vorführen. — Da das angestrebte Ziel mittelst der Stromuhr nur mit Schwierigkeit zu erlangen war, so versuchte ich es auch ohne sie mein Vorhaben zu erreichen. Hiebei ging ich von folgender Betrachtung aus. Gesetzt das Herzende der gefüllten Aorta werde fest verschlossen, so würde sie ihren Inhalt und zwar so weit in die Venen ergiessen, bis der Druck hier und dort derselbe wäre. Dazu würde eine gewisse Zeit, wir wollen sagen die Ausgleichungszeit, nöthig sein. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut die Aorta verlässt, wird sich während der ganzen Dauer dieser Zeit nicht gleich bleiben, sondern sie wird von Augenblick zu Augenblick kleiner werden, theils weil mit jedem Tröpfchen, das von der Aorta zu den Venen übergeht, der Druckunterschied zwischen den beiden Gefässräumen geringer wird, theils aber weil mit der Minderung des Drucks sich die Verbindungswege

zwischen Arterien und Venen verengen. Dächten wir uns nun die während der Ausgleichungszeit aufeinander folgenden Geschwindigkeiten als Ordinaten auf die Abscisse der Zeit aufgetragen, so würden wir eine Curve erhalten, deren Ordinaten vom Beginn bis zum Ende der Ausgleichungszeit im Allgemeinen von einem bestimmten Werthe bis zur Null abnehmen würden. Aehnlich wie durch eine Curve der veränderlichen Geschwindigkeit wird der Vorgang des Ausströmens auch durch eine solche des veränderlichen Druckes dargestellt werden können, welche das Gegenbild der zuerst genannten ist. Dieses leuchtet ein, wenn man bedenkt, dass die Geschwindigkeit durch die aus dem Gefäss ausgeflossenen Volumina, der Druck dagegen durch die in ihm vorhandenen angegeben wird. So lange es sich also nur um Vergleichung proportionaler Werthe handelt, wird es gleichgültig sein, ob wir zur Charakteristik die Reihenfolge der Geschwindigkeiten, oder die des Drucks für die Zeit darstellen können, unter welchen sich die Aorta und ihre Zweige entleeren. Für unseren Zweck ist es geeigneter, statt der Curve der Geschwindigkeiten die der Drücke im Auge zu behalten. In ihr ist die Höhe der Ordinaten gleichbedeutend mit dem Füllungsgrad der Gefässe, und der Unterschied der Höhe zweier um die Zeiteinheit voneinander abstehender gleich dem Volum, welches indess ausgeströmt ist; mit andern Worten die Steilheit des Abfalls ist ein Kennzeichen für die Entleerungsgeschwindigkeit. — Die physischen Bedingungen, welche bei gleichen Dimensionen und bei gleichen elastischen Eigenschaften der Gefässwand die Steilheit der Curve bestimmen, sind, wie schon oben angedeutet, der Füllungsgrad der Gefässe und die Zahl und die Weite der Abflussröhren. Wenn also zwei Curven, die rasch hintereinander von demselben Gefässe gewonnen wurden, entweder durch die absoluten Werthe der Höhen oder durch den Grad ihrer Steilheit sich voneinander unterscheiden, so können wir aus diesen Unterschieden sichere Aussagen über den physischen Zustand der Gefässe zu jenen Zeiten machen. Wenn z. B. mit der Ausgleichungszeit die beiden Curven auf derselben Ordinate beginnen, die eine aber steiler als die andere abfällt, so dass sie den Nullpunkt der Geschwindigkeit rascher erreicht als die andere, so würden während des weniger steilen Abfalls die Ausflusswege enger oder weniger zahlreich als während des steilern gewesen sein.

Der Versuch, welcher uns nach dem eben vorgelegten Plane Auskunft über den Zustand der Gefässe vor und während der Rückenmarksreizung geben soll, gestaltet sich sehr einfach. Man setzt ein Manometer in die Carotis, lässt seinen Schwimmer auf einem mit bekannter Geschwindigkeit abgewickelten Papierstreifen die Curven des Blutdrucks schreiben und reizt dann den N. vagus bis zum Herzstillstand, und zwar einmal mit und das andre Mal ohne gleichzeitige Tetanisirung des Rückenmarkes. Die beiden Curven, welche man erhält, werden schon in den meisten Fällen entscheidend sein für die Frage, zu welcher Zeit die Gefässe am meisten verengt waren, trotzdem dass das Absinken bei gleichzeitiger Reizung des N. vagus und des Rückenmarks von einer viel höhern Ordinate anfängt als bei ausschliesslicher Reizung des N. vagus. Sollte noch ein Zweifel bleiben, so ist es auch leicht, den Unterschied der Anfangscoordinaten wegzuschaffen, indem man während fortdauernder Rückenmarksreizung die des Vagus auf einen Moment unterbricht, wenn der Druck in Folge einer langen Pause schon tief herabgegangen. Der in Folge des unterbrochenen Reizes eintretende einmalige Herzschlag pflegt dann den Druck auf eine Höhe zu heben, welche der normalen, ohne Rückenmarksreizung vorhandenen nahe kommt.

Vorausgesetzt es seien während der Rückenmarksreizung die kleinen Arterien insgesammt geschlossen gewesen, so würde sich der Blutdruck während des Herzstillstandes unverändert erhalten haben, gesetzt aber die Rückenmarksreizung wäre für einzelne kleine Arterien unwirksam gewesen, so würde der Blutdruck auch während der Herzpause abnehmen. Mit einem Wort, man konnte auch hier aus der Geschwindigkeit, mit welcher der Blutdruck absinkt, einen Schluss auf die Weite der Abflusswege machen. Da nun unzweifelhaft feststeht, dass die Haut- und Unterleibsarterien während der Reizung fast vollständig verschlossen werden, so mussten die Muskelarterien zum mindesten der Hauptsache nach als die etwa noch vorhandenen Abflusswege angesehen werden.

Zu allen bisher geschilderten Versuchen rathe ich vorzugsweise junge Thiere zu verwenden, und namentlich insofern man Hunde wählt nur junge. Aeltere ertragen die Durchschneidung des Markes nicht; und die Gefässnerven aller älteren Thiere sind viel weniger reizbar als die der jüngeren.

. Gestützt auf die Versuche, welche ich nach den beschriebenen Verfahrungsarten angestellt habe, halte ich mich für berechtigt zur Aufstellung folgender Sätze.

1. Während einer tetanischen Reizung des Rückenmarkes kommt es vor, dass sich die contractilen Ringfasern der Muskelarterien zusammenziehn. Somit stehen die Nerven der genannten Gefässe in einer ähnlichen Beziehung zum gereizten Hirn- und Rückenmark wie die aller übrigen Arterien. Diese Abhängigkeit ist jedoch keineswegs eine so innige, wie sie bei andern Arterien, z. B. denen der Haut und der Unterleibseingeweide, angetroffen wird. In den zuletzt erwähnten Organen verengen sich die Arterien jedesmal und so oft, als das noch erregbare Rückenmark gereizt wird, in den Muskeln dagegen geschieht dieses durchaus nicht jedesmal. In den mit Curare vergifteten Thieren habe ich niemals eine von der Rückenmarksreizung abhängige Verengerung der Muskelarterien gesehen, obwohl alle übrigen Arterien sich zusammen zogen, wie dieses theils der Anblick einzelner blossgelegter Gefässe und theils die bedeutende Steigerung des Blutdrucks nachwiesen.

2. Die Nerven der contractilen Ringe um die Muskelarterien ermüden ungemein leicht, denn selbst die wenigen Male, wo an ihnen auf Reizung des Rückenmarks ein positiver Erfolg sichtbar war, trat derselbe doch nur sehr vorübergehend ein. Die Muskelarterien waren längst schon wieder in die Erweiterung eingetreten, als noch andere Arterien fort und fort in der Zusammenziehung verharrten, beziehungsweise bei jeder neuen Reizung in dieselbe eintraten, was durch den hohen Blutdruck bewiesen wurde, welcher während der Reizung des Rückenmarks eintrat und diese überdauerte.

Bei der Auseinandersetzung der Methoden habe ich schon darauf hingewiesen, dass es häufig unmöglich ist, durch die Betrachtung der Arterienstämmchen Gewissheit über die Aenderungen ihres Durchmessers zu gewinnen. Wo uns dieses Verfahren im Stich lässt, da kann man durch die Anlegung eines Muskelquerschnittes die Ueberzeugung gewinnen, dass die Rückenmarksreizung in der Regel keine Verengung der Muskelarterien zu bewirken vermag.

Eine Verwundung des Muskels bedingt, vorausgesetzt dass keine grössere Arterie getroffen wurde, in der Regel keine oder eine nur sehr mässige Blutung. Diese tritt aber sehr merklich,



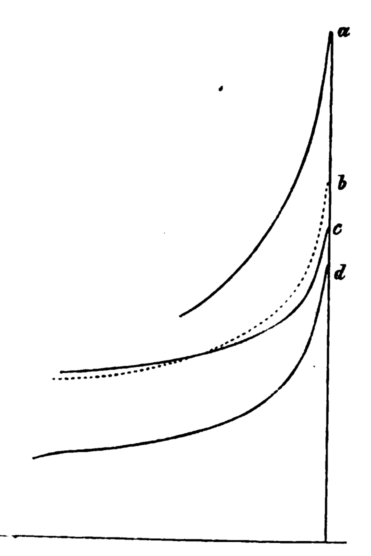
ja häufig sehr stark ein, wenn das Rückenmark gereizt wird. Die Reichlichkeit, in der sie eintritt, pflegt von der Grösse des Blutdrucks abzuhängen, welche durch die Rückenmarksreizung hervorgebracht wird. Je mehr sich derselbe erhebt, je mehr sich also die Arterien der Cutis und der Eingeweide verengen, um so stärker blutet die Muskelwunde, und diese Blutung hält so lange an, als der Blutdruck über sein gewohntes Maass erhöht bleibt. Dieser einfache und lehrreiche Versuch beweist auf das Klarste, wie sehr das Verhalten der Arterien, die den Muskel versorgen, von demjenigen abweicht, welches die entsprechenden Gefässe der Haut und der Eingeweide durchziehen.

3. Mit den eben gemeldeten, aus der unmittelbaren Betrachtung der Arterien geschöpften Thatsachen sind in voller Uebereinstimmung die Erfahrungen, welche ich aus der Stromgeschwindigkeit in den grossen Stämmen der Muskelarterien gewann. Als die Stromuhr im Lumen der A. cruralis sass, strömte das Blut vor der Reizung mit mässiger Geschwindigkeit durch dieselbe. Als darauf das Rückenmark gereizt wurde und in Folge hiervon der Druck in der Aorta merklich anstieg, vermehrte sich die Geschwindigkeit um mehr als das Doppelte und sank, als die Reizung beendet war, allmählig auf den alten Werth zurück. In Zahlen ausgedrückt, flossen jedesmal 6 C.-Cm. durch die Art. cruralis vor der Reizung des Rückenmarks in 11.9—13.4—7.2—6.8—8.0 Secunden. — Während der Reizung des Rückenmarks in 3.0—3.6—3.8 Secunden. Nach Beendigung der Reizung während dessen der Druck allmählig absank in 4.7—3.9—4.6—4.9—6.9—7.9 Secunden. Diese Erfahrung kann nur dahin gedeutet werden, dass die Muskelarterien während der Verengung zahlreicher anderer vollkommen offen geblieben sind, so dass der Strom in Folge des hohen Drucks durch sie einen Ausweg fand.

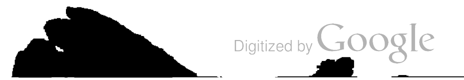
Auf dasselbe Verhalten der Muskelarterien weisen auch die Ergebnisse hin, welche bei gleichzeitiger Reizung des Nervus vagus und des Rückenmarks zum Vorschein kamen. Das Resultat gebe ich in möglichst getreuer Nachbildung der Form wieder, in welcher sie erhalten wurden.

Da sämmtliche Beobachtungen ganz Aehnliches aussagen, so glaube ich mich auf die Mittheilung eines einzigen Falles beschränken zu dürfen.

Zu den Curven gehören die folgenden Zahlen und Erläuterungen. Das Versuchsthier war ein mässig grosser unvergifteter Hund. — Zu Curve *a*. Nachdem durch Reizung des durchschnittenen Rückenmarkes der Druck in der Art. carotis auf 146 Mm. Hg. emporgetrieben war, wurde durch Reizung des N. vagus eine Pause von 4.3 Secunden Dauer hervorgerufen, während welcher der Druck auf 60 Mm. Hg. sank. Als zu dieser Zeit die Vagusreizung momentan unterbrochen wurde, kehrte ein Herzschlag wieder; er hob den Druck auf 94 Mm. Die wieder eingetretene Vagusreizung erzeugte einen neuen Herzstillstand. Curve *b*. Während der Pause von 7.1 Secunden sank der Druck von 94 Mm. Hg. auf 12 Mm. herunter. — Nach Beendigung der Vagusreizung und noch dauernder Tetanisirung des Rückenmarkes kehrte der Druck auf 146 Mm. zurück. Als nun auch die Rückenmarksreizung unterbrochen wurde, erniedrigte sich der Druck auf 76 Mm. Hg., wo er sich dauernd erhielt. Als jetzt der N. vagus in den Inductionsstrom eingeschaltet wurde, Curve *d*, sank der Druck in 7.1 Secunden auf 24 Mm. herunter. Die drei Curven des absinkenden Druckes sind der besseren Vergleichung wegen untereinander gestellt; ausserdem ist noch eine *c* beigefügt, die einer unmittelbar vor *a* vorausgehenden Reizung entnommen ist. Während ihres Ablaufs waren gleichzeitig das Rückenmark und N. vagus gereizt. Der Druck zu Beginn dieser Senkungscurve *c* betrug 84 Mm. Hg., er ging während einer Pause von 7.7 Secunden auf 44 Mm. herab.



An diesen Curven ist nun einleuchtend, dass *a*, *b*, *c*, die sich durch den verschiedenen Anfüllungszustand der Aorta unterscheiden, aber während der Rückenmarksreizung gewonnen sind, in ihrem Verlaufe rasch convergiren. An den Curven



b, *c* und *d* dagegen, von denen die beiden erstern (*b*, *c*) noch durch den Contractionsgrad der kleinen Gefässe von der letztern (*d*) unterschieden sind, sieht man, dass sie im Verlaufe divergiren, indem das Absinken von *b* und *c* mehr und mehr hinter dem von *d* zurückbleibt. Diesen Unterschied in der Geschwindigkeit, womit sich der Arterieninhalt entleert, je nachdem das Rückenmark erregt oder nicht erregt ist, musste man bekannten Erfahrungen entsprechend allerdings erwarten. Das, was man aber nicht voraussehn konnte, ist der geringe Betrag dieses Unterschiedes. Nach der bis dahin herrschenden Annahme sollte während der Rückenmarksreizung die Verengung der Gefässe sich auf alle feinsten Zweige des Aortensystems erstrecken. Träte dieses in der That ein, so würde die nothwendige Folge hiervon die gewesen sein, dass die Füllung der Aorta während der Vagusreizung ganz oder nahezu unverändert geblieben wäre, oder mit andern Worten, dass die während des Herzstillstandes abgenommene Druckcurve eine horizontale oder dieser sich nähernde Linie gewesen sein würde. Diese Voraussicht sehen wir jedoch in keiner Weise bestätigt; der Druck fällt während des zur Zeit der Rückenmarksreizung eingeleiteten Herzstillstandes zwar langsamer, aber immerhin, namentlich so lange der Druck noch ein höherer ist, so rasch ab, dass wir nothwendig daraus schliessen müssen, es seien dem Blutstrom von der Aorta zu den Venen noch zahlreiche Bahnen geöffnet.

Mit dieser Erkenntniss erhebt sich nun auch sogleich die Frage, welche Arterien von dem Rückenmarksreize unberührt bleiben. Erfahrungsgemäss wissen wir, dass die Gefässe der Cutis und sämmtlicher Unterleibseingeweide, die der Nieren mit eingeschlossen, während einer dauernden und kräftigen Rückenmarksreizung vollständig verschlossen werden, dass dagegen die blossgelegten Muskelarterien in der Regel nichts ähnliches aufzeigen. Demgemäss werden wir darauf geführt, dass die letztern Arterien auch in unserem Falle, wo sie durchaus unversehrt waren, offen geblieben sind. — Diese vorerst nur wahrscheinliche Erklärung würde ihre volle Bestätigung dann gefunden haben, wenn es möglich wäre, alle oder mindestens einen grossen Theil der Muskelarterien durch Ligaturen zu schliessen und dann unsern Versuch zu wiederholen, um zu sehen, ob nun der Druck während des Herzstillstandes und der Rückenmarksreizung unverändert bliebe. Das Unausführbare dieser Controle

liegt jedoch auf der Hand, somit müssen wir uns einstweilen mit dem Ausspruch begnügen, dass die gegebene Erklärung in voller Uebereinstimmung mit dem ist, was uns andere Erfahrungen über die Muskelarterien lehrten.

4. Meine Versuche lehren weiter, dass man jedoch sehr im Unrecht sein würde, wenn man annehmen wollte, die contractilen Ringe der Muskelarterien seien träge Gebilde, weil sie nur in beschränktem Maasse durch ihre Gefässnerven zur Zusammenziehung gebracht werden. Schon die Beobachtungen von *Sadler* haben erwiesen, dass sich der Blutstrom durch die Muskeln sehr innig den Zuständen anschliesst, welche in den Muskelfasern angetroffen werden. Aus diesen Beobachtungen wurde es sehr wahrscheinlich, dass sich die contractilen Ringe der Muskelarterien ganz unabhängig von den Gefässnerven erweitern und verengern. Noch unmittelbarer führte zu diesem Schluss eine Versuchsreihe von *Genersich*, welcher fand, dass während eines künstlichen Blutstroms durch die abgeschnittenen Hinterbeine des Hundes die Arterien im Ganzen, oder mit spindelförmigen Erweiterungen unterbrochen, sich zusammenzogen und andremale sich erweiterten. In diesem Fall war ganz unzweifelhaft die Zusammenziehung der Arterienmuskeln unabhängig von einer Nervenerregung, die aus dem Rückenmark hervorgegangen hätte sein können, weil hier gar kein lebendiges Rückenmark mehr vorhanden war. Meine Beobachtungen bestätigen nun das, was *Genersich* und *Sadler* gesehen haben von einer andern Seite her. Fast so oft, als ich Muskelarterien blosslegte, sah ich auch, dass dieselben Zusammenziehungen darboten, welche der ganzen Reihe der Erscheinungen nach unabhängig von den Reizungszuständen des Rückenmarkes vor sich gingen. Diese Contractionen zeichneten sich, ihrer Ausbreitung nach von den aus dem Rückenmark her veranlassten, dadurch aus, dass sie sich nicht über den ganzen Verlauf einer Arterie erstreckten, sondern dass sie gewöhnlich nur beschränkte Theile ergriffen. In Folge hiervon boten sie einen Wechsel von Einschnürungen und Ausbuchtungen dar, so dass eine solche Arterie ihrem Aussehen nach mit einer Perlschnur verglichen werden konnte. — Was die Zeit anlangt, in welcher diese theilweisen oder auch zuweilen vollständigen Zusammenziehungen eintraten, so war diese ganz unabhängig von den Perioden, in welchen das Rückenmark gereizt wurde. Ganz gewöhnlich erschienen nämlich die Zu-

sammenziehungen längere Zeit nach einer vorausgegangenen Reizung des Rückenmarks, und sie hielten dann viele Minuten hindurch an, gleichgiltig, ob in dieser Zeit die Nadeln dem Rückenmark einen Reiz zuführten, oder nicht zuführten. Die Thatsachen, dass die Arterien, wenn sie verengt waren, auch in diesem Zustand verharrten, trotzdem dass der Blutdruck durch eine inzwischen eingetretene Rückenmarksreizung bedeutend erhöht war, lieferte den Beweis, dass die Verengerung eine wirklich active, von vermehrter Widerstandsfähigkeit der Arterienwand herrührende gewesen sein musste.

5. Eine der Aufgaben, die ich mir beim Beginn meiner Unternehmung gestellt hatte, bestand auch darin, die Bahnen aufzusuchen, in welchen die Nerven der Arterien von dem Rückenmark zum Muskel verlaufen. Bei der unbeständigen Reizbarkeit, welche die Nerven den vorstehenden Beobachtungen entsprechend darboten, war es unmöglich, durch physiologische Reactionen die Aufgabe zu lösen, ein Umstand, der umsomehr zu bedauern ist, als die anatomische Zergliederung des sympathischen Nervensystems für diesen Verlust keinen vollen Ersatz bieten kann. Ueber einen und wie mir scheint nicht unwichtigen Theil der vorliegenden Aufgabe bin ich jedoch durch die anatomische Untersuchung aufgeklärt worden.

Zum M. biceps femoris gehen Arterienzweige ebensowohl aus der Art. hypogastrica als auch aus dem untern Ende der A. femoralis. Die Nerven der quergestreiften Muskeln dringen dagegen ausschliesslich von hinten und oben aus Aesten des Plex. ischiadicus in den M. biceps ein. Aufgefordert durch dieses abweichende Verhalten von Arterien und Nerven unternahm ich eine genauere Zergliederung der aus dem untern Ende der Art. femoralis hervorgehenden Gefässzweige, in der Absicht, dort nach Gefässnerven zu suchen. Meine Erwartung hat sich in der That bestätigt, indem es mir unter Anwendung von Essigsäure leicht gelang, starke Bündel sympathischer Fasern in der Tunica adventitia dieser untern Arterienzweige aufzufinden. Die Nerven begleiteten die Gefässe und zwar ausschliesslich diese in den M. biceps hinein, und sie traten dort, wie auf Querschnitten zu sehn, schliesslich mit feinern Aesten zwischen die Elemente der arteriellen Muskelringe. Danach darf man wohl diese Nerven als solche ansehn, welche für die Muskelringe der Arterien bestimmt sind. Ist aber dieses der Fall, so dürfte hiemit ein Ort gefunden

sein, an welchem die Nerven der quergestreiften und diejenigen der Gefässmuskeln gesondert gereizt oder gelähmt werden können, weil die Gefässnerven zur Arteria cruralis aus dem Plex. lumbalis beziehungsweise aus dem N. cruralis hindringen, während, wie erwähnt, der Plex. ischiadicus die Nerven zur quergestreiften Faser sendet.

In Ermangelung eines bessern dürfte sich desshalb der bezeichnete Ort als sehr geeignet für zukünftige Untersuchungen erweisen.

6. An diese Versuche knüpfen sich noch einige Wünsche und Bemerkungen. — Obwohl in der Mehrzahl meiner Beobachtungen die motorischen Nerven unerregbar waren, so darf daraus doch nicht geschlossen werden, dass sie dieses im Verlaufe des Lebens immer sind. Wäre dieses letztere der Fall, so würden die Nerven als selbständige Gebilde zu Grunde gehn. Demgemäss muss man annehmen, entweder dass sie nur den specifischen Erregungsarten des verlängerten Markes gegenüber erregbar sind oder dass sie das letztere überhaupt nur zeitweise sind. Die motorischen Nerven der Muskelarterien würden dem entsprechend in eine Reihe mit den Nerven der Darmmuskeln zu setzen sein.

Im Gegensatz zu ihren Nerven sind die contractilen Fasern der Arterien, welche innerhalb der Muskeln verlaufen, zu allen Zeiten sehr erregbar. Aus diesem Grunde wird man geneigt sein, die Aenderungen des Blutstroms durch die Muskeln vorzugsweise den Eigenschaften der Gefässmuskeln selbst zuzuschreiben. — Demnach hätte man sich zu denken, dass die Muskelringe der Arterien so lange einen mässigen Grad von Zusammenziehung bewahrten, als die Masse der quergestreiften Muskeln erschlafft wäre, vorausgesetzt dass die Muskelsubstanz in ihrer normalen chemischen Zusammensetzung verharrte. Diese Hypothese kann, so weit ich sehe, nicht umgangen werden, trotzdem dass sie an die Arbeitskraft der Arterienmuskeln eine grosse Anforderung stellt.

Aus diesem Zustande mittlerer Contraction können nun aber die Gefässmuskeln nach zwei Richtungen hin heraustreten, entweder sie können sich noch weiter bis zur vollen Verschliessung der Gefässlichtung verengen oder sie können vollständig erschlaffen.

Der Zustand verstärkter Contraction kommt nach unsern gegenwärtigen Erfahrungen häufig zu Stande, wenn die Muskelgefässe während kürzerer oder längerer Zeit durch einen ver-

stärkten Druck ausgedehnt waren. Ob dieses jedoch jedesmal eintritt, wenn der Blutdruck zu ungewöhnlichen Werthen angestiegen ist, müssen wir dahin gestellt sein lassen. In der von mir ausgeführten Versuchsreihe sah ich das genannte Verhalten allerdings fast ausnahmslos. Jedesmal wenn durch die Rückenmarksreizung der Blutdruck anhaltend und wiederholt emporgetrieben gewesen, verengte sich später eine grössere oder geringere Zahl der blossliegenden Muskelarterien bis zum Verschwinden ihres rothen Inhaltes. Diese Zusammenziehung war, wie schon oben erwähnt, so energisch, dass ein durch eine neue Reizung des Rückenmarks emporgetriebener Blutdruck nicht im Stande war die Lichtung der Arterie wieder herzustellen.

Die einfachste Erklärung, welche sich für dieses Verhalten geben lässt, dürfte darin bestehen, dass die Ausdehnung, welche die Muskelringe durch den hohen Blutdruck erfahren haben, als ein Reiz auf die letzteren selbst wirkt.

Von den Bedingungen, welche eine Erschlaffung der Muskelringe herbeiführen, sind uns zwei bekannt.

Die erste derselben tritt in Wirksamkeit, wenn die quergestreiften Muskeln in Zusammenziehung gerathen oder wenn sie aus einer eben bestandenen austreten. Die zweite ereignet sich, wenn die Muskeln einige Zeit hindurch den Blutstrom vollständig entbehren mussten. Ob in diesen beiden Fällen der Gefässmuskel aus denselben innern Gründen erschlafft, lässt sich allerdings nicht erweisen, aber möglich wäre es immerhin, dass beide Male eine Aenderung im Gasgehalte des Blutes die Erschlaffung herbeiführte.

Aus der Thatsache, dass die Muskelringe der Arterien, welche sich in den quergestreiften Muskeln verbreiten, in einer beschränkten Abhängigkeit von den Erregungen stehen, die den Gefässnerven vom Rückenmark her zukommen, ergiebt sich noch eine andere Folgerung. Unzweifelhaft bieten die Strombahnen, welche durch die quergestreiften Muskeln ziehen, dem Blute einen Ausweg, wenn dieses in Folge einer gleichzeitigen Erregung der Gefässnerven für die Haut und die Eingeweide aufgestaut wird. Für die Richtigkeit dieser Behauptung stehen alle Versuche ein, welche nach den in der vorliegenden Abhandlung beschriebenen Methoden angestellt sind. Was nun im höchsten Maasse für den Fall gilt, in welchem die kleinen Arterien der Haut und der Muskeln gleichzeitig verschlossen werden, muss

natürlich, wenn auch im minderen Grade, stattfinden nach der Verschliessung der Gefässe in nur einem der beiden genannten Gebiete. Mit dieser Einsicht erweitert sich aber unsere Vorstellung von dem veränderlichen Strombett des Blutes dahin, dass bei einem vollständigen oder theilweisen Verschluss, welcher die Arterien der Eingeweide oder die der Haut betrifft, der ausgleichende Strom zum Theil auch durch die Muskeln hindurch geführt wird.

SITZUNG AM 31. OCTOBER 1870.

F. Zöllner, *Ueber den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase.*

1.

Jeder gasförmige Körper kann mit Rücksicht auf die von ihm ausgesandten Strahlen in zwei, wesentlich von einander verschiedenen Zuständen existiren. In dem einen lassen sich die Strahlen in ein sogenanntes discontinuirliches Spectrum mit stark hervortretenden Maximis der Helligkeit, in dem andern Zustande in ein continuirliches Spectrum ausbreiten.

Beide Zustände sind, analog den Aggregatzuständen, nur Functionen des Druckes und der Temperatur. Durch die Untersuchungen von *Frankland*, *Wüllner* u. A. ist erwiesen, dass im Allgemeinen durch Steigerung der Temperatur und des Druckes der spectral-discontinuirliche Zustand in den spectral-continuirlichen Zustand übergeht. Beiden Zuständen gemeinsam ist jedoch die Transparenz des glühenden Körpers und eine genauere Berücksichtigung dieser Eigenschaft in Verbindung mit Eigenschaften der von *Kirchhoff* in seiner Abhandlung: »Ueber das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht«[1]) mit J bezeichneten Function ist, wie ich glaube, ausreichend, um folgende Erscheinungen zu erklären:

1. Die Verbreiterung der Linien discontinuirlicher Gasspectra durch Steigerung des Druckes.
2. Die Verwandlung eines discontinuirlichen Spectrums in ein continuirliches durch Steigerung des Druckes.

---

1) *Poggendorff*'s Annalen Bd. CIX. p. 291 ff.

3. Die Continuität der Spectra glühender Körper im festen oder flüssigen Aggregatzustande.
4. Die Abhängigkeit des Intensitätsverhältnisses zweier Spectrallinien vom Druck.
5. Die Abhängigkeit der Spectra verschiedener Ordnung von der Temperatur.

2.

Es bezeichne:

E_λ eine homogene Lichtmenge von der Wellenlänge λ, welche von der Flächeneinheit einer ebenen, unendlichgrossen leuchtenden Gasschicht von der Einheit der Dicke senkrecht ausgestrahlt wird.

A_λ Die von dieser Schicht absorbirte Lichtmenge von derselben Wellenlänge in Theilen der auffallenden Lichtmenge.

Denkt man sich eine beliebige Anzahl m solcher Schichten hintereinander befindlich und berechnet diejenige Lichtmenge $E_{\lambda m}$, welche von der Flächeneinheit der auf diese Weise gebildeten Schicht von der Dicke m senkrecht ausgestrahlt wird, so erhält man hierfür den folgenden Ausdruck:

$$E_{\lambda m} = \frac{1-(1-A_\lambda)^m}{A_\lambda}.\ E_\lambda \ldots\ldots\ldots (1)$$

Bezeichnen $E_{\lambda,}$ und $A_{\lambda,}$ die entsprechenden Grössen für eine von der obigen nur sehr wenig verschiedene Wellenlänge $\lambda_,$, so dass bei Ausbreitung der von der betrachteten Gasschicht ausgesandten Lichtmenge zu einem Spectrum die Werthe λ und $\lambda_,$ zwei unmittelbar benachbarten Stellen des Spectrums entsprechen, so hat man:

$$E_{\lambda, m} = \frac{1-(1-A_{\lambda})^m}{A_{\lambda,}}.\ E_{\lambda,}$$

Es bedarf nicht der besonderen Erwähnung, dass im concreten Falle, wo die Breite der verglichenen Spectraltheile nicht unendlich klein sein darf, die Werthe von λ und $\lambda_,$ als Mittelwerthe für die aneinander grenzenden schmalen Lichtstreifen im Spectrum aufzufassen sind. Für das Helligkeitsverhältniss dieser benachbarten Stellen des Spectrums erhält man demnach, wenn $\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = J_\lambda$ und $\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = J_{\lambda,}$ gesetzt wird:

$$\frac{E_{\lambda m}}{E_{\lambda, m}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^m]\ J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda,})^m]\ J_{\lambda,}} \ldots\ldots (2)$$

3.

Die Grössen J_λ und $J_{\lambda,}$ sind zwei Werthe des Verhältnisses des Emissions- und Absorptionsvermögens für zwei sehr wenig von einander verschiedene Werthe der Wellenlänge bei derselben Temperatur. Diese Grösse, multiplicirt mit einer Constanten, ist aber nichts anderes als die von *Kirchhoff* in der oben erwähnten Abhandlung mit J bezeichnete Function der Wellenlänge und Temperatur.

Diese Function besitzt folgende bemerkenswerthen Eigenschaften.

1. J ist unabhängig von den besonderen Eigenschaften der Körper (Vgl. *Kirchhoff*, l. c. p. 392).
2. Für eine constante Temperatur, also bei ein und demselben Spectrum, ändert sich J continuirlich mit der Wellenlänge bis zu demjenigen Werthe der letzteren, wo J verschwindet (Ibid. p. 393).
3. »Mit dem höchsten Grade der Wahrscheinlichkeit lässt sich auch aussprechen, dass die Function J bei gleichbleibender Temperatur keine stark hervortretenden Maxima oder Minima darbietet, wenn die Wellenlänge sich ändert« (Ibid. p. 393).

Aus den beiden letzten Eigenschaften der Function J folgt, »dass, wenn in dem Spectrum eines glühenden Körpers Sprünge, stark hervortretende Maxima oder Minima sich zeigen, das Absorptionsvermögen desselben, als Function der Wellenlänge der auffallenden Strahlen betrachtet, Sprünge, stark hervortretende Maxima oder Minima bei denselben Werthen der Wellenlänge haben muss.«

Mit Hülfe dieses Satzes schliesst *Kirchhoff* theoretisch auf die Möglichkeit der Umkehrung der discontinuirlichen Flammenspectra und da dieser Schluss durch die Beobachtung bestätigt wird, so kann hierin auch umgekehrt eine empirische Verification der erwähnten beiden Eigenschaften der Function J erblickt werden.

Es folgt hieraus, dass im vorliegenden Falle die beiden Werthe $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ und $\frac{E_{\lambda,}}{A_{\lambda,}}$ für die nur wenig von einander verschiedenen Werthe λ und $\lambda_,$ ebenfalls nur wenig von einander verschieden sein können.

Da nun in dem obigen Ausdruck (2) die Grössen A_λ und

$A_{\lambda\prime}$, ihrer Definition gemäss, nur positiv und nie grösser als Eins sein können, und demgemäss $1 - A_\lambda$ und $1 - A_{\lambda\prime}$ stets ächte Brüche sein müssen, so convergirt jener Ausdruck für wachsende Werthe von m oder von A nach einer Grenze, die entweder für $m = \infty$ oder für $A_\lambda = A_{\lambda\prime} = 1$ erreicht wird.

Für diese beiden Fälle ist dann einfach:

$$\frac{E_{\lambda m}}{E_{\lambda\prime m}} = \frac{J_\lambda}{J_{\lambda\prime}}$$

In Worten lässt sich dies folgendermassen ausdrücken:

Das Helligkeitsverhältniss zweier benachbarten Stellen eines discontinuirlichen Spectrums nimmt bei Vermehrung der leuchtenden Schichten oder bei Vergrösserung des Absorptionscoëfficienten derselben Schicht stetig bis zu demjenigen Werthe ab, welcher für dieselbe Wellenlänge und dieselbe Temperatur dem continuirlichen Spectrum eines für die gegebene Dicke vollkommen undurchsichtigen und schwarzen Körpers entspricht.

Diese Abnahme des Helligkeitsverhältnisses zweier unmittelbar aneinander grenzenden Theile des Spectrums bei gleichzeitiger Zunahme ihrer Helligkeit muss sich dem Auge nothwendig zunächst als eine Verbreiterung der betreffenden Linie durch abnehmende Schärfe ihrer Ränder und dann allmälig als beginnende Continuität des ganzen Spectrums bemerklich machen.

4.

Es lässt sich nun zeigen, dass unter übrigens gleichen Umständen die Zunahme der Dichtigkeit eines leuchtenden Gases ganz dieselbe Wirkung wie die oben behandelte Vermehrung der Schichten hervorbringen muss.

Betrachtet man nämlich die durch Absorption erzeugte Abschwächung eines Lichtstrahls als die Wirkung einer bestimmten Summe von Theilchen, auf welche der Strahl bei seinem Durchgange durch das absorbirende Medium trifft, so ist die so erzeugte Grösse der Absorption nur abhängig von der Anzahl und nicht von der Vertheilung der wirkenden Theilchen, so lange man dieselben bezüglich ihrer absorbirenden Wirkung als unabhängig von ihrem Abstande

voraussetzt[1]). Diese Voraussetzung wird aber um so wahrscheinlicher je weiter die einzelnen Theilchen des absorbirenden

[1]) Um die Zulässigkeit dieser Voraussetzung in einem gegebenen Falle, z. B. bei der Auflösung einer färbenden Substanz in verschiedenen Quantitäten des Lösungsmittels durch den Versuch zu prüfen, darf bei den erforderlichen photometrischen Messungen nur homogenes, durch Benutzung schmaler Streifen eines Spectrums erhaltenes Licht angewandt werden. Die Anwendung gefärbter Gläser muss hierzu a priori als unzulässig betrachtet werden, da dieselben strenge genommen stets alle Strahlen nur mit verschiedener Intensität hindurchlassen, so dass für eine hinreichend geringe Lichtmenge oder genügende Dicke des Glases die am stärksten abgeschwächten Strahlen für das Auge weniger oder gar nicht wahrnehmbar sind.

Bezeichnet J_λ die in einem gegebenen Spectrum der Wellenlänge λ zugehörige Intensität, A_λ den Absorptionscoëfficienten eines gefärbten Mediums für dieselbe Wellenlänge und die Einheit der Dichte, so lässt sich die vom ganzen Spectrum ausgesandte Lichtmenge als der Werth des folgenden Integrals darstellen

$$\int d\lambda\, J_\lambda (1 - A_\lambda)$$

wo J_λ und A_λ Functionen von λ sind und das Integral über alle dem Spectrum entsprechenden Werthe von λ auszudehnen ist.

Bei einer andern Dichte σ des absorbirenden Mediums verwandelt sich das Integral unter Voraussetzung des Absorptionsgesetzes in das folgende:

$$\int d\lambda\, J_\lambda (1 - A_\lambda)^\sigma$$

Für einen bestimmten Werth von σ liesse sich nun zwar stets der Werth eines mittleren Absorptionscoëfficienten B finden, vermöge dessen die folgende Gleichung besteht:

$$\int d\lambda\, J_\lambda (1 - A_\lambda)^\sigma = (1 - B)^\sigma \int d\lambda\, J_\lambda$$

Man sieht indessen, dass diese Gleichheit bei constantem Werth von B nicht für andere Werthe von σ stattfinden kann. Es ist deshalb unzulässig mit Hülfe eines solchen mittleren Absorptionscoëfficienten unter Anwendung des obigen Absorptionsgesetzes die bei verschiedenen Concentrationen von einer gefärbten Flüssigkeit hindurchgelassenen Lichtmengen berechnen und auf den Unterschied zwischen Rechnung und Beobachtung Schlüsse gründen zu wollen. Solche Schlüsse würden nur dann von Werth sein, wenn die Veränderung der Dicke der durchstrahlten Schicht bei constanter Concentration eine andere Wirkung als die in demselben Verhältniss veränderte Concentration bei constanter Dicke der Schicht erzeugte. Durch derartige Versuche würde sich am einfachsten nur durch Beobachtungen entscheiden lassen, ob die absorbirende Wirkung der einzelnen Elemente eines absorbirenden Mediums abhängig von ihrem Abstande ist oder nicht Vgl. *Poggendorff*'s Annalen Bd. CXLI p. 69 ff.

Mediums von einander getrennt sind, d. h. je geringer die Dichte desselben ist. Wenn demnach die Dichte eines solchen Mediums verändert wird, so hat der hindurchgehende Strahl bei gleicher Länge seines Weges eine andere Anzahl absorbirender Theilchen zu passiren und es ist leicht ersichtlich, dass unter der gemachten Annahme diese Anzahl sich proportional der Dichte ändern muss.

Bezieht man demnach die Werthe A_λ und $A_{\lambda,}$ in den obigen Ausdrücken gleichzeitig auf die Einheit der Dichte, so wird die von derselben Schicht bei der Dichtigkeit σ hindurchgelassene Lichtmenge in Theilen der auffallenden ausgedrückt durch $(1-A_\lambda)^\sigma$ und $(1-A_{\lambda,})^\sigma$, folglich die absorbirten Lichtmengen durch:

$$1-(1-A_\lambda)^\sigma = A_{\lambda\sigma}$$
$$1-(1-A_{\lambda,})^\sigma = A_{\lambda,\sigma}$$

Analog der Absorption beziehe man nun auch E_λ und $E_{\lambda,}$ auf die bei der Einheit der Dichte ausgesandte Lichtmenge und bezeichne demgemäss mit $E_{\lambda\sigma}$ und $E_{\lambda,\sigma}$ die der Dichte σ entsprechenden Lichtmengen jener Schicht. Da die Temperatur und Wellenlänge bei diesen Veränderungen als constant vorausgesetzt worden sind, so müssen nach den oben erwähnten Eigenschaften der *Kirchhoff*'schen Function folgende Gleichungen bestehen:

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{A_{\lambda\sigma}} = \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$
$$\frac{E_{\lambda,\sigma}}{A_{\lambda,\sigma}} = \frac{E_{\lambda,}}{A_{\lambda,}}$$

Führt man daher für $A_{\lambda\sigma}$ und $A_{\lambda,\sigma}$ die obigen Werthe ein und setzt wieder:

$$\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = J_\lambda$$
$$\frac{E_{\lambda,}}{A_{\lambda,}} = J_{\lambda,}$$

so erhält man für das Helligkeitsverhältniss zweier benachbarter Stellen des Spectrums als Function der Dichte des glühenden Gases den folgenden Ausdruck:

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]\, J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda,})^\sigma]\, J_{\lambda,}} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Da bei constanter Temperatur der Werth von σ sich proportional dem Drucke ändert, so zeigt





diese Formel, dass bei steigendem Drucke eine Verbreiterung der Spectrallinien stattfinden muss, welche allmälig in die Continuität des ganzen Spectrums übergeht.

Uebrigens muss hierbei bemerkt werden, dass diese Erscheinungen innerhalb gewisser Grenzen unabhängig von der besonderen Beschaffenheit der Function sind, nach welcher sich der Absorptionscoëfficient einer Substanz mit ihrer Dichtigkeit ändert, so lange man nur voraussetzt, dass dieser Coëfficient mit zunehmender Dichte stetig wächst und nach dem Werthe Eins convergirt. Grösser als Eins kann dieser Werth nicht werden, ohne seiner Definition zu widersprechen. Deshalb kann der Absorptionscoëfficient einer Substanz auch nicht fortdauernd proportional der Dichte wachsen, weil sonst für einen bestimmten Werth der letzteren der erwähnte Fall eintreten würde.

Berücksichtigt man nun, dass bei Körpern im flüssigen oder festen Zustande die Werthe der Absorptionscoëfficienten A_λ ausserordentlich viel grösser als bei gasförmigen Körpern sind, so erklärt sich, weshalb die Spectra der dichteren Körper im Allgemeinen continuirliche sein müssen.

Wenn die verglichenen Theile des Spectrums nicht benachbarte sind, sondern λ und $\lambda_{,}$ zwei hinreichend entfernten Spectrallinien angehören, so zeigt die vorstehende Formel, dass auch dieses Verhältniss eine Function des Druckes ist, welche bei stetem Wachsen des letzteren sich stetig dem Grenzwerth $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_{,}}}$ nähert.

5.

Um die erlangten Resultate an einem Beispiele durch numerische Werthe zu erläutern, mögen in der Formel (3)

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_{,}\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]\, J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda_{,}})^\sigma]\, J_{\lambda_{,}}}$$

für die Grössen A_λ, $A_{\lambda_{,}}$, $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_{,}}}$ bestimmte Werthe eingesetzt und dann für verschiedene Werthe von σ die Grössen $\frac{E_\lambda}{E_{\lambda_{,}}}$ berechnet werden.

Man setze:

$$A_\lambda = 0.100$$
$$A_{\lambda_{,}} = 0.005$$

Für unmittelbar aneinander grenzende Theile des Spectrums ist der Werth:

$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda'}} = 1$$

Für entferntere Theile, z. B. für die Linien *C* und *F* des Wasserstoffes, setze man:

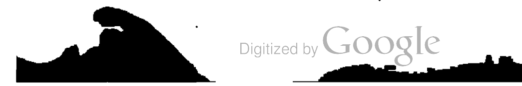
$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda'}} = 0.25$$

während man die obigen Werthe von A_λ und $A_{\lambda'}$ der Einfachheit halber beibehält. Unter diesen Annahmen findet man für steigende Werthe von σ die folgenden Reihen für das Helligkeitsverhältniss der betrachteten Theile des Spectrums:

Helligkeitsverhältniss benachbarter Theile eines Spectrums getrennter Theile bei verschiedenem Druck.

benachbarter Theile $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda'}} = 1$		getrennter Theile $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda'}} = 0.25$	
σ	$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda'\sigma}}$	σ	$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda'\sigma}}$
1	20.0	1	5.00
10	13.3	10	3.33
20	9.2	20	2.30
30	6.8	30	1.70
40	5.3	40	1.33
50	4.5	50	1.13
60	3.8	60	0.95
70	3.4	70	0.85
80	3.0	80	0.75
90	2.7	90	0.67
100	2.5	100	0.63
200	1.6	200	0.40
300	1.3	300	0.32
400	1.2	400	0.30
500	1.1	500	0.28

In dem zuerst betrachteten Falle würde also für den Werth $\sigma = 1$ die untersuchte Spectrallinie 20 mal heller als ihre unmittelbare Umgebung erscheinen, und sich daher für das Auge als eine scharfe helle Linie vom dunklen Grunde abheben können. Entspräche dem Werthe $\sigma = 1$ z. B. der Druck von 1^{mm} Quecksilber in einer *Geissler*'schen Röhre, so würde bei einer Steigerung des Druckes bis auf 500^{mm}, die Helligkeit der unmittelbar der Linie benachbarten Theile des Grundes zur Helligkeit jener Linie nur noch im Verhältniss von 10 zu 11 stehen, so dass die letztere



schon stark verbreitert und an den Rändern verwaschen erscheinen müsste.

Der zweite Fall zeigt, dass verschiedene Theile des Spectrums durch Compression des glühenden Gases ihr Helligkeitsverhältniss umkehren können.

Beim Beginn der Compression ist in dem angeführten Beispiele die Helligkeit $E_{\lambda\sigma}$ einer Linie von der Wellenlänge λ fünf mal grösser als die Helligkeit $E_{\lambda,\sigma}$ einer der Wellenlänge $\lambda_,$ zugehörigen Linie. Wird der Druck auf das Fünfzigfache gesteigert, so ist die Helligkeit beider Linien fast gleich. Wächst aber der Druck noch weiter bis zum Fünfhundertfachen seines ursprünglichen Werthes, so ist die anfangs dunklere Linie fast vier mal heller als die andern.

Nimmt die Dichtigkeit σ stetig bis 0 ab, so nähert sich das Helligkeitsverhältniss dem Werthe $\frac{0}{0}$. Differentiirt man Zähler und Nenner des Ausdrucks für $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}}$ nach σ und setzt $\sigma = 0$, so findet man für jenen Grenzwerth

$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda,}} \frac{\log_n(1-A_\lambda)}{\log_n(1-A_{\lambda,})}.$$

Beziehen sich J_λ und $J_{\lambda,}$ auf benachbarte Werthe von λ so dass $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda,}} = 1$ gesetzt werden kann, so findet man, dass bei fortdauernder Abnahme von σ der Contrast, mit welchem sich eine helle Linie vom Grunde abhebt, asymptotisch einem Maximalwerth genähert wird, welcher durch

$$\frac{\log_n(1-A_\lambda)}{\log_n(1-A_{\lambda,})}$$

ausgedrückt ist. Für die oben angenommenen Werthe von A_λ und $A_{\lambda,}$ würde dieser Werth 20.8 sein, und daher nur noch wenig von demjenigen Werthe abweichen, welchen das Helligkeitsverhältniss schon für $\sigma = 1$ annimmt.

6.

Die bisherigen Betrachtungen erstreckten sich auf die Veränderungen des Intensitätsverhältnisses zweier verschiedener Theile des Spectrums. Die entwickelten Formeln geben aber auch Rechenschaft von den Intensitätsveränderungen, welche ein und dieselbe Stelle des Spectrums bei constanter Temperatur durch Veränderungen des Druckes erleidet.

Der Ausdruck für die einer bestimmten Wellenlänge λ zugehörige Helligkeit bei der Dichtigkeit σ des glühenden Gases ist nach dem Obigen der folgende:

$$E_{\lambda\sigma} = [1-(1-A_\lambda)^\sigma] \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$

Es verschwindet demnach $E_{\lambda\sigma}$ für $\sigma = 0$ und erreicht für $\sigma = \infty$ den Maximalwerth $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$.

Für einen gegebenen Werth von σ und eine gegebene Temperatur wird im Allgemeinen $E_{\lambda\sigma}$ für einen gewissen Werth von λ ein absolutes Maximum sein, oder mit andern Worten: es wird unter den verschiedenen hellen Linien eines discontinuirlichen Spectrums eine am hellsten sein, da sich bei einem gegebenen Spectrum sowohl A_λ als auch $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ als Functionen von λ ändern. Berücksichtigt man nun, dass sobald der Werth von $E_{\lambda\sigma}$ unter eine bestimmte, durch die Empfindungsschwelle unseres Auges gegebene Grenze herabsinkt, die betreffende Stelle des Spectrums für unsere Wahrnehmung verschwindet, so ergiebt sich aus diesen Betrachtungen der folgende Satz:

Wird bei constanter Temperatur die Dichtigkeit eines glühenden Gases stetig vermindert, so muss auch die Zahl der Linien seines Spectrums vermindert und schliesslich das ganze Spectrum im Allgemeinen auf nur eine Linie reducirt werden, deren Lage von der Temperatur und Qualität des Gases abhängt.

Dieser Satz kann, wie ich glaube, bereits durch die Beobachtungen als bestätigt betrachtet werden, welche im vorigen Jahre *Frankland* und *Lockyer* in den Proceedings of the Royal Society No. 112 veröffentlicht haben. Die betreffende Stelle ihrer Mittheilung lautet folgendermassen:

Under certain conditions of temperature and pressure, the very complicated spectrum of hydrogen is reduced in our instrument to one line in the green corresponding to F in the solar spectrum.

The equally complicated spectrum of nitrogen is similarly reducible to one bright line in the green, with traces of other more refrangible faint lines.



Es gestatten jedoch diese Beobachtungen nicht ohne Weiteres Schlüsse auf die Temperatur derjenigen Himmelskörper, welche, wie eine grosse Anzahl von Nebeln, das merkwürdige Phänomen sehr einfacher Spectra darbieten; die vorstehenden Betrachtungen zeigen, dass solche Schlüsse unzulässig sind, da für eine jede Temperatur bei hinreichender Verdünnung des glühenden Gases das Spectrum desselben auf eine einzige Linie reducirt werden kann, deren Lage bei ein und demselben Stoffe nur von der Temperatur abhängig ist.

Mit Rücksicht auf den oben bewiesenen Satz von der Aequivalenz der Dichtigkeit und Dicke der strahlenden Schicht lässt sich sogar behaupten, dass diejenigen Werthe der Temperatur und Dichtigkeit, bei welchen ein Gas in einer *Geissler*'schen Röhre so einfache Spectra zeigt, auch nicht entfernt mit denen der Nebel übereinstimmen können, indem bei diesen die ungeheure Dicke der strahlenden Schicht eine fast unendlich grössere Verdünnung des leuchtenden Gases voraussetzt.

Man sieht anderseits, dass die Continuität eines Nebelspectrums keinen Schluss auf die Dichtigkeit gestattet, weil nach dem oben erwähnten Satze derselbe Effect auch durch eine genügende Dicke der strahlenden Schicht erzeugt werden kann.

Indessen kann vielleicht folgende Betrachtung dazu dienen, wenigstens eine Grenze der Temperatur zu bestimmen, unter welcher die Temperatur eines Nebels mit discontinuirlichem Spectrum nicht liegen kann.

Der Ausdruck für die Helligkeit $E_{\lambda\sigma}$ eines Gasspectrums für die Dichtigkeit σ und an der der Wellenlänge λ zugehörigen Stelle ist für eine gegebene Temperatur der folgende:

$$E_{\lambda\sigma} = [1-(1-A_\lambda)^\sigma] \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$

Dieser Ausdruck kann, wie schon bemerkt, nicht grösser als $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ werden, und dieser Werth ist nach dem *Kirchhoff*'schen Satze diejenige Helligkeit, welche für die gleiche Temperatur und Wellenlänge das Spectrum eines vollkommen schwarzen Körpers an dieser Stelle besitzt, und zwar unabhängig von seinen übrigen Eigenschaften[1]. Erhitzt man daher einen dunk-

1) Man sieht leicht, dass der obige Ausdruck für $\sigma = \infty$ die vollkommene Undurchsichtigkeit der betrachteten Gasschicht ausdrückt, indem

len, undurchsichtigen Körper, welcher den gestellten Forderungen möglichst nahe entspricht, z. B. ein Stückchen Kohle durch den Strom einer galvanischen Batterie und erzeugt von dem ausgesandten Lichte ein Spectrum, so ist die Temperatur der glühenden Kohle solange niedriger als die Temperatur des mit discontinuirlichem Spectrum leuchtenden Gases, als die Helligkeit des continuirlichen Kohlenspectrums an der einer hellen Linie des Gasspectrums entsprechenden Stelle kleiner oder gleich der Helligkeit dieser Linie ist. Es wird hierbei vorausgesetzt, dass $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ unter übrigens gleichen Umständen stetig mit der Temperatur wächst.

Vergleicht man nun die Helligkeit einer Linie des Nebelspectrums mit der Helligkeit der homologen Stelle des Kohlenspectrums, so kann man, mit Vernachlässigung der Absorption im Weltraum und gehöriger Berücksichtigung der Absorption unserer Atmosphäre, in der angedeuteten Weise eine untere Grenze für die Temperatur des Nebels ermitteln, sobald es gelungen ist, die Temperatur der galvanisch glühenden Kohle zu bestimmen.

7.

Die oben theoretisch als zulässig und wahrscheinlich erkannte Abhängigkeit der Lage der Linien eines discontinuirlichen Spectrums von der Temperatur und Qualität der glühenden Gase ist sehr bemerkenswerth und reicht, wie mir scheint, vollkommen aus, um das merkwürdige von *Plücker* entdeckte Phänomen der sogenannten Spectra verschiedener Ordnungen ein und desselben Körpers zu erklären. Denn der

$1-(1-A_\lambda)^\sigma$ die von dieser Schicht absorbirte Lichtmenge $A_{\lambda\sigma}$ in Theilen einer auf sie fallenden Lichtmenge von der Wellenlänge λ ausdrückt. Wird daher diese Lichtmenge $A_{\lambda\sigma}$ gleich der Einheit, so bedeutet dies die vollständige Absorption eines auf die Gasmasse fallenden Strahles. Erwägt man, dass alle, auch die relativ undurchsichtigen Körper in hinreichend dünnen Lamellen durchsichtig sind, und dass nach dem oben bewiesenen Satze von der Aequivalenz der Dicke und Dichte der durchstrahlten Schichten in der obigen Formel für die Dichte σ auch die Anzahl m der strahlenden und absorbirenden Schichten gesetzt werden kann, so ergiebt sich hieraus die Anwendbarkeit des obigen Ausdrucks auch auf undurchsichtige Körper, indem derselbe gleichzeitig die Nothwendigkeit der Continuität ihrer Spectra involvirt.

Ausdruck für das Helligkeitsverhältniss zweier benachbarten Stellen eines Spectrums:

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}} = \frac{[1-(1-A_{\lambda})^{\sigma}]J_{\lambda}}{[1-(1-A_{\lambda,})^{\sigma}]J_{\lambda,}}$$

hängt bei constantem σ nur von den Werthen des Absorptionsvermögens A_{λ} und $A_{\lambda,}$ ab, da $\frac{J_{\lambda}}{J_{\lambda,}}$ für diesen Fall stets gleich Eins gesetzt werden kann. Diese Werthe können aber bei stetiger Aenderung der Temperatur für dieselbe Wellenlänge ähnliche Maxima und Minima haben, wie sie solche für dieselbe Temperatur bei stetiger Aenderung der Wellenlänge factisch besitzen und hierdurch die Erscheinung der discontinuirlichen Spectra erzeugen. Die vorausgesetzte Einfachheit und Continuität der *Kirchhoff*'schen Function J bezieht sich nur auf das Verhältniss der Grössen E_{λ} und A_{λ} nicht auf diese selbst. Während jene Function für alle Körper dieselbe ist, sind E_{λ} und A_{λ} als Functionen der Temperatur und Wellenlänge gerade von der besonderen Beschaffenheit der Körper abhängig. Man sieht also, dass der Ausdruck für $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}}$ bei veränderter Temperatur lediglich durch Aenderung der Werthe von A_{λ} und $A_{\lambda,}$ verschiedene Werthe annehmen könnte, die grösser oder kleiner als Eins sind. Hieraus folgt, dass sich das Helligkeitsverhältniss zweier benachbarter Stellen des Spectrums durch Temperaturveränderungen umkehren und an Stelle des früheren Maximums ein Minimum auftreten kann.

Mithin ergiebt sich bezüglich der Intensitätsveränderungen zweier benachbarten Spectraltheile ein wesentlicher Unterschied zwischen den Wirkungen der Temperatur und denen des Druckes. Während durch Aenderungen der Temperatur das Intensitätsverhältniss benachbarter Theile umgekehrt werden kann, ist dies durch Aenderungen des Druckes nicht möglich.

Durch Steigerung des letzteren kann ein vorhandener Intensitätsunterschied nur zum Verschwinden gebracht aber nicht umgekehrt werden. Wenn man demnach derartige Umkehrungen bei verschiednen Spectren ein und desselben Stoffes beobachtet, so ist diese Erscheinung nur eine Folge von Temperaturverschiedenheiten.

Man kann deshalb allgemein den folgenden Satz aussprechen:

Wenn die Verschiedenheit zweier Spectra ein und desselben glühenden Gases eine solche ist, dass für Strahlen irgend einer Brechbarkeit einem Maximum des einen Spectrums ein Minimum des andern entspricht, so müssen die den beiden Spectren zugehörigen Temperaturen verschieden sein.

Es muss demnach die Entstehung der Spectra verschiedener Ordnungen ein und desselben Gases als eine Erscheinung betrachtet werden, die vorzugsweise durch Temperatur- und nicht durch Dichtigkeitsveränderungen des glühenden Gases hervorgerufen wird.

8.

In ähnlicher Weise, wie *Kirchhoff* empirisch auf die Continuität der Function J bei Veränderung der Wellenlänge λ und bei constanter Temperatur t schliesst, lässt sich auch auf die Continuität jener Function bei constantem λ und veränderlicher Temperatur t schliessen.

Bezüglich der zuerst erwähnten Continuität bemerkt *Kirchhoff* a. a. O. p. 293 Folgendes:

»Für eine constante Temperatur ändert sich die Function J continuirlich mit der Wellenlänge, so lange diese nur nicht denjenigen Werth erhält, bei dem für jene Temperatur J zu verschwinden beginnt. Die Richtigkeit dieser Behauptung kann man schliessen aus der Continuität des Spectrums eines glühenden Platindrahtes, sobald man annimmt, dass das Absorptionsvermögen dieses Körpers eine continuirliche Function der Wellenlänge der auffallenden Strahlen ist.«

Es beruht dieser Schluss darauf, dass das Spectrum schwarzer, undurchsichtiger glühender Körper unserem Auge die Gesammtheit aller den verschiedenen Werthen von λ zugehörigen Functionswerthe von J in räumlicher Nebeneinanderlagerung darbietet, wie sie der bestimmten Temperatur des glühenden Körpers entsprechen. Wäre nun die Stärke des physiologischen Eindruckes, mit welcher die verschiedenen Werthe von J in einem Spectrum auf unser Sensorium einwirken, nicht ebenfalls eine Function der Wellenlänge, oder mit andern Worten, könnten wir voraussetzen, dass das physiologisch bestimmte Intensitätsverhältniss zweier verschiedener Theile des Spectrums gleich





dem mechanischen sei, so würde der Gang der Function J bei Veränderung der Wellenlänge einfach durch die photometrisch bestimmte Intensitätscurve eines gegebenen Spectrums bei constanter Temperatur des glühenden Körpers dargestellt werden können. Obschon nun eine solche Darstellung aus dem angeführten Umstande nicht möglich ist, und die Natur der physiologischen Function, nach welcher sich der optische Eindruck eines homogenen Strahls bei constanter lebendiger Kraft mit der Wellenlänge ändert unbekannt ist, so lässt sich doch auch von dieser Function behaupten, dass sie nothwendig eine continuirliche [1]) sein müsse.

Denn wäre dies nicht der Fall, so könnten die Spectra undurchsichtiger glühender Körper auf unser Sensorium nur dann einen continuirlichen Eindruck machen, wenn die physiologische Function in einer solchen Weise discontinuirlich wäre, dass stets ein Maximalwerth in der einen Function durch einen Minimalwerth in den andern compensirt würde. Da nun aber die Annahme einer solchen Beziehung zwischen den glühenden Körpern und unserem Sensorium offenbar eine absurde wäre, so folgt aus der Continuität der Spectra undurchsichtiger glühender Körper ebensowohl die Continuität der Function J als diejenige der physiologischen Function der Intensität des Reizes in seiner Abhängigkeit von der Wellenlänge.

Dass nun die Function J für einen constanten Werth von λ sich nicht discontinuirlich mit der Temperatur ändert, sondern vielmehr stetig mit derselben wächst, kann man aus dem Umstande schliessen, dass, soweit bis jetzt die Beobachtungen reichen, das Spectrum eines undurchsichtigen glühenden Körpers in allen seinen Theilen mit steigender Temperatur stetig heller wird, wenn auch die Schnelligkeit dieser Zunahme für verschiedene Werthe von λ eine sehr verschiedene sein kann. Es folgt hieraus, dass für diejenigen Werthe der Temperatur, für welche E stark hervortretende Maxima oder Minima besitzt, auch A stark hervortretende Maxima oder Minima besitzen muss, und dass im Allgemeinen die Veränderungen, welche E durch Temperaturveränderungen erleidet, von Veränderungen in gleichem

1) Die Begriffe »continuirlich« und »discontinuirlich« sind hier nicht im mathematischen Sinne sondern nur bezüglich der Ab- und Anwesenheit stark hervortretender Maxima oder Minima zu nehmen.

Sinne von A begleitet sein müssen. Da nun mit steigender Temperatur die Werthe von E für alle Werthe von λ nach den bisherigen Beobachtungen als wachsend gefunden wurden, so werden auch die Werthe von A bei hoher Temperatur im Allgemeinen grösser als bei niedriger Temperatur vorausgesetzt werden müssen.

Es ergiebt sich hieraus bezüglich der Verwandlung eines discontinuirlichen Spectrums in ein continuirliches durch Steigerung der Dichtigkeit bei verschiedener Temperatur des glühenden Gases eine wichtige Folgerung.

Betrachtet man nämlich das Intensitätsverhältniss zweier benachbarten Spectraltheile, wo für die wenig verschiedenen Werthe von λ und $\lambda_{,}$ die beiden Functionswerthe $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ und $\frac{E_{\lambda,}}{A_{\lambda,}}$ ebenfalls nur wenig verschieden sein können und daher ihr Verhältniss gleich Eins gesetzt werden darf, so ist nach dem Früheren der Ausdruck für dieses Verhältniss:

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}} = \frac{1-(1-A_\lambda)^\sigma}{1-(1-A_{\lambda,})^\sigma}$$

Je grösser hierin A_λ und $A_{\lambda,}$ gesetzt werden, desto schneller convergirt bei wachsendem σ der Werth von $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}}$ nach Eins, was zunächst die Verbreiterung der betrachteten Linie und schliesslich die Continuität des ganzen Spectrums zur Folge hat.

In dem oben angeführten Beispiele waren

$$A_\lambda = 0.100$$
$$A_{\lambda,} = 0.005$$

gesetzt, und es hatte sich für diese Werthe das Intensitätsverhältniss der betrachteten Spectraltheile durch Steigerung des Druckes von $\sigma = 1$ bis $\sigma = 500$ von dem Werthe 20.0 bis auf 1.1 vermindert. Setzt man nun aber beide Werthe fünf mal grösser, also

$$A_\lambda = 0.500$$
$$A_{\lambda,} = 0.025$$

so erhält man folgende Reihe der Intensitätsverhältnisse für verschiedene Werthe von σ

σ	$A_\lambda = 0.500$ $A_{\lambda'} = 0.025$	$A_\lambda = 0.400$ $A_{\lambda'} = .0005$
1	20.0	20.0
10	4.5	13.3
20	2.5	9.2
40	1.6	5.3
80	1.1	3.0

Es erreicht also hier das Intensitätsverhältniss bei ursprünglich gleicher Grösse jenen geringen Werth 1.1 schon bei einem Drucke, welcher über 8 mal kleiner als derjenige ist, der bei niedrigen Werthen des Absorptionsvermögens für dieses Intensitätsverhältniss erforderlich ist.

Die zuletzt erlangten Resultate können in folgenden beiden Sätzen ausgedrückt werden:

Das Intensitätsverhältniss zweier benachbarter Stellen eines Spectrums ändert sich um so schneller mit der Dichtigkeit, je grösser das Absorptionsvermögen an den betreffenden Stellen ist.

Mit Rücksicht auf die im Allgemeinen grösseren Werthe des Absorptionsvermögens bei höherer Temperatur folgt hieraus ferner:

Ein discontinuirliches Spectrum verwandelt sich durch Steigerung der Dichtigkeit um so schneller in ein continuirliches je höher die Temperatur des glühenden Gases ist.

Mit Hülfe des ersten Satzes kann man aus den starken Veränderungen, welche eine bestimmte Linie eines Spectrums, z. B. die Wasserstofflinie *F*, durch Druckveränderungen erleidet, auf relativ grosse Werthe des Absorptionsvermögens an jener Stelle des Spectrums schliessen, vorausgesetzt, dass man die Verschiedenheit der Dispersion in den verschiedenen Theilen eines durch Brechung erzeugten Spectrums gehörig berücksichtigt.

Aus dem zweiten Satze folgt, dass bei constanter Dichtigkeit durch hinreichende Steigerung der Temperatur des glühenden Gases ein discontinuirliches Spectrum in ein continuirliches verwandelt werden kann. Diese Folgerung wird durch die Beobachtungen *Wüllner*'s bestätigt, nach welchen bei gleichen Grössen des Druckes den schwächeren Entladungen discontinuirliche, den stärkeren continuirliche oder in demselben Sinne veränderte

Spectra entsprachen, wie sie bei schwächeren Entladungen eine Steigerung des Druckes bewirkt haben würde [1]).

9.

Bei den bisherigen Untersuchungen über die Aenderung des Helligkeitsverhältnisses benachbarter Theile des Spectrums durch Dichtigkeitsänderungen der glühenden Gase sind stets nur zwei solcher Stellen verglichen worden. Wenn es sich aber darum handelt, allgemein die Aenderungen des Contrastes zu bestimmen, mit welchem sich eine helle Linie vom dunkleren Grunde ihrer nächsten Umgebung abhebt, so müssen die Aenderungen der Helligkeit des Grundes zu beiden Seiten der Linie berücksichtigt werden. Hierbei können nun zwei Fälle eintreten, entweder die Werthe des Absorptionsvermögens sind zu beiden Seiten gleich, so dass ihre Curve vom Maximum aus symmetrisch abfällt, oder diese Symmetrie findet nicht statt. Es ist leicht ersichtlich, dass im letzteren Falle, der offenbar der allgemeinere und deshalb am häufigsten vorkommende sein wird, die durch Dichtigkeitsänderungen erzeugte Verbreiterung der Linien schneller auf derjenigen Seite der Linie eintreten muss, auf welcher die grösseren Werthe des Absorptionsvermögens liegen und daher die Curve derselben weniger steil abfällt. Obschon, wie oben gezeigt, das Maximum der Helligkeit einer Linie durch Dichtigkeitsänderungen allein nie verschoben werden kann, so wird doch durch die Beschaffenheit der erwähnten Asymmetrie im Allgemeinen bewirkt werden, dass die Mitte der durch Druckerhöhung verbreiterten Linie nicht mehr mit der Mitte der unver-

1) Vgl. *Poggendorff*'s Annalen. Bd. CXXXVII. p. 344 ff. *Wüllner* vergleicht hier das Wasserstoffspectrum in einer *Geissler*'schen Röhre, wie es sich bei einem Druck von 300mm durch Entladungen einer *Leydner* Flasche darstellt, mit dem bei viel höherem Druck durch Entladungen des einfachen Inductionsapparates erzeugten Spectrum. Die betreffenden Worte lauten:

»Bei weiterer Druckzunahme dehnen sich H_β und H_γ immer mehr aus, so dass sie bald nur mehr als Helligkeitsmaxima auf einem heller werdenden continuirlich beleuchteten Hintergrunde erscheinen, gleichzeitig wird allmälig H_α weniger scharf, an den Rändern verwaschen und verbreitert, so dass bei einem Drucke des Gases von 300mm das Spectrum bei Anwendung der Flasche etwa das Aussehen hat, wie ohne Flasche, wenn der Druck des Gases fast 3 Atmosphären betrug. Auch die Helligkeit des Spectrums ist dann ungefähr die gleiche.«

breiterten Linie coïncidirt, so dass unter den gemachten Voraussetzungen der folgende Satz aufgestellt werden kann:

Die Mitte einer durch Druckerhöhung verbreiterten Linie erleidet eine Verschiebung nach derjenigen Seite des Spectrums, auf welcher die grösseren Werthe des Absorptionsvermögens des glühenden Gases liegen.

Man darf daher die Verschiebung der Mitten ungleich breiter Linien desselben Stoffes in verschiedenen Lichtquellen nicht ohne Weiteres auf eine Veränderung der Brechbarkeit durch Annäherung oder Entfernung des leuchtenden Körpers beziehen. Eine solche Ursache wird im Allgemeinen erst dann als sicher vorhanden angenommen werden dürfen, wenn die Verschiebung an mehreren Linien desselben Stoffes in qualitativ und quantitativ übereinstimmender Weise nachgewiesen ist.

10.

Die Verbreiterung von Linien durch Vergrösserung der Dampfdichte des glühenden Gases lässt sich sehr einfach schon an den Natronlinien nachweisen, wenn man durch mehr oder weniger tiefes Einschieben einer Salzperle in die Flamme eines *Bunsen*'schen Brenners verschiedene Mengen von Natriumdampf in dieser Flamme entwickelt. Bei geringen Mengen sind die Linien fein und scharf, bei grossen Mengen stark verbreitert und an den Rändern verwaschen.

Es verbreitert sich jedoch hierbei die stärker brechbare der beiden Natronlinien beträchtlich mehr als die andere, so dass bei der grössten Dampfmenge, welche in der angegebenen Weise entwickelt werden kann, die stärker brechbare Linie reichlich doppelt so breit als die andere ist.

Aus dieser Thatsache muss nach § 8 auf grössere Werthe des Absorptionsvermögens für die der stärker brechbaren Natronlinie zugehörigen Werthe von λ geschlossen werden, und demgemäss, wegen der Continuität der *Kirchhoff*'schen Function J, auch auf grössere Werthe des Emissionsvermögens für diese Werthe von λ.

Beide Folgerungen werden durch die Beobachtung bestätigt. Vergleicht man die beiden Natronlinien im Sonnenspectrum, so

findet man bei genauerer Betrachtung die stärker brechbare entschieden dunkler als die andere, eine Thatsache, die das stärkere Absorptionsvermögen an dieser Stelle beweist.

Vergleicht man ferner die hellen Natronlinien in irgend einer Lichtquelle, so findet man stets die brechbarere heller als die andre, mag die Dampfdichte gross oder klein sein. Dieser Helligkeitsunterschied wird sogar sehr auffallend, wenn folgende Beobachtungsmethode angewandt wird. Man öffne den Spalt des Spectroskopes allmälig so weit, bis die inneren Ränder der auf diese Weise verbreiterten Natronlinien sich gerade berühren. Die benachbarten hellen Streifen zeigen alsdann einen so beträchtlichen Unterschied in der Helligkeit, dass derselbe beim ersten Blick in die Augen fällt. Durch diese Beobachtung ist demgemäss auch die grössere Emission für die der stärker brechbaren *D* Linie zugehörigen Werthe von λ bewiesen.

Um nun auch die nach der entwickelten Theorie als wahrscheinlich zu erwartende Asymmetrie der Verbreiterung durch die Beobachtung an den Natronlinien zu constatiren, brachte ich mit Hülfe meines Reversionsspectroskopes jede der beiden hellen Natronlinien in dem einen Spectrum mit der analogen Linie im andern Spectrum zur Coïncidenz, so dass jede Linie in die Verlängerung der andern fiel und beide zusammen scheinbar nur eine einzige Linie von doppelter Länge bildeten. An der brechbareren und bei Zunahme der Dampfdichte stärker verbreiterten Linie war hierbei eine Verschiebung nicht wahrzunehmen, indessen schien bei der andern Linie mit zunehmender Helligkeit eine äusserst geringe Verschiebung im Sinne einer Verminderung der Brechbarkeit stattzufinden.

Wenn man aber auch dieser Beobachtung als einer zu unsicheren noch keine Beweiskraft zuschreiben will, so kann anderseits eine interessante Beobachtung, welche vor Kurzem Hr. Dr. *J. J. Müller*, Privatdocent und Assistent für Physik am hiesigen physiologischen Institut, bei Gelegenheit anderer Untersuchungen gemacht hat, nicht wohl anders als durch die Annahme einer solchen asymmetrischen Verbreiterung der einen oder andern der beiden Natronlinien erklärt werden.

Hr. Dr. *Müller* hat nämlich gefunden, dass die *Newton*'schen Interferenzstreifen, welche in einer planparallelen und 5 Millimeter dicken Glasplatte bei einer Wegdifferenz von ungefähr 20000 Undulationen durch homogenes Natronlicht erzeugt wer-

den, sich fast um den ganzen Abstand zweier Ringe verschieben, wenn die Intensität der Natronflamme durch Veränderung der Dampfmenge in der oben angegebenen Weise variirt wird. Mit dieser Verschiebung ist gleichzeitig bei wachsender Intensität eine Verminderung der Schärfe der Ringe bis zum vollständigen Verschwinden derselben verbunden, wie dies durch die in der Verbreiterung der Linien ausgesprochene Verminderung der Homogenität des Lichtes nothwendig bedingt ist. Die Grösse und Richtung dieser Verschiebung deutet auf eine Verminderung der Brechbarkeit des Lichtes, welcher im Spectrum eine Verschiebung der einen oder anderen Natronlinie von höchstens $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{100}$ ihres beiderseitigen Abstandes entsprechen würde.

Man sieht hieraus, dass diese Beobachtungsmethode für den Nachweis einer Asymmetrie der Linienverbreiterung eine ausserordentlich viel empfindlichere als die spectroskopische ist, solange man nicht durch Mangel an genügender Lichtmenge an der Anwendung derselben verhindert ist.

Ausführlicheres über diese Versuche wird übrigens Hr. Dr. *Müller* selber in einer demnächst erscheinenden besonderen Abhandlung mittheilen. Ebenso beabsichtige ich, die im Vorstehenden entwickelten Sätze in ihrer Anwendung auf die spectralanalytische Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Himmelskörper, namentlich auf die Bestimmung der Druck- und Temperaturverhältnisse der Sonnenatmosphäre, besonders zu behandeln.

F. Zöllner, *Ueber das Spectrum des Nordlichtes.*

Am 25. October dieses Jahres beobachtete ich mittelst eines *Browning*'schen Miniaturspectroskopes das Spectrum des Nordlichtes, wie es durch die beifolgende Zeichnung veranschaulicht wird. Um hinreichende Helligkeit zu erhalten wurde der Spalt ziemlich weit geöffnet.



Mit Hülfe einer Alkoholflamme, deren Docht mit Natrium- und Lithiumsalzen imprägnirt war, wurde gleichzeitig die Lithium- und Natriumlinie erzeugt und deren Lage zur angenäherten Bestimmung der Nordlichtlinien benutzt. Die Linie im grünen Theile des Spectrums ist aller Wahrscheinlichkeit nach die zuerst von *Ångström* beobachtete und näher bestimmte Linie [1]). Dagegen ist meines Wissens die oben verzeichnete rothe Linie bis jetzt noch nicht beobachtet worden. Diese Linie trat allerdings nur an denjenigen Stellen des Himmels hinreichend intensiv auf, die sich auch dem unbewaffneten Auge als stark geröthete darboten. Aber auch die grüne Linie war stets an diesen Stellen vorhanden und zwar so intensiv, dass die rothe Linie nur sehr selten die gleiche Stärke des optischen Eindruckes erreichte. Im blauen Theile des Spectrums traten nur zuweilen schwache, bandartige Streifen auf, unter denen ein breites, dunkles Band auf hellerem Grund am auffallendsten war.

Hr. Dr. *Vogel* hatte die Güte, mir die Zeichnung eines von ihm um dieselbe Zeit in Gemeinschaft mit Hrn. Dr. *Lohse* auf der Sternwarte des Kammerherrn von *Bülow* auf Bothcamp bei Kiel

1) Vgl. *Ångström*, Recherches sur le Spectre solaire p. 41. Berlin 1869.





beobachteten Nordlichtspectrums zu übersenden. Dasselbe zeigte die helle Linie im grünen Theile mit zu beiden Seiten sehr schnell an Intensität abnehmenden Cannelirungen, ähnlich dem Lichtmaximum eines Beugungsspectrums. Indessen war die rothe Linie nicht vorhanden.

Erst nach dem Verschwinden des Nordlichtes war ich im Stande mit demselben Spectroskop die Spectra des Wasserstoffs, Stickstoffs, Sauerstoffs und der Kohlensäure in *Geissler*'schen Röhren zu beobachten. Dennoch glaube ich durch gleichzeitige Beobachtung des Natrium- und Lithiumspectrums constatirt zu haben, dass die rothe Nordlichtlinie mit keinem Helligkeitsmaximum in den Spectren der vier untersuchten Gase übereinstimmt. Sie ist stärker brechbar als die rothe Wasserstofflinie *C* und dürfte am nächsten an derjenigen Stelle liegen, wo im Sonnenspectrum zwischen *C* und *D* die dunkle atmosphärische Liniengruppe α vorhanden ist, welcher eine mittlere Wellenlänge von 0.0006279 Millimeter entspricht. Man darf also behaupten, dass das Nordlichtspectrum in seinen Hauptlinien mit keinem der bis jetzt beobachteten Spectra von bekannten irdischen Stoffen übereinstimmt. Dagegen machen es die Beobachtungen von *Winlock* und *Young* [1]) sehr wahrscheinlich, dass drei grüne Linien des bei einer totalen Sonnenfinsterniss beobachteten Protuberanzspectrums mit drei Linien im Spectrum der Corona der Sonne und des Nordlichtes coïncidiren, unter denen die brechbarste nach den bisherigen Messungen mit einer Linie zusammenfällt, die nach der Scala von *Kirchhoff* mit 1474 bezeichnet ist und nach *Ångström* eine Wellenlänge von 0.0005323 Millimeter besitzt. *Kirchhoff* sowohl wie *Ångström* bezeichnen diese Linie übereinstimmend als eine dem Eisenspectrum angehörige.

Durch alle diese Umstände scheinen die Schwierigkeiten, welche bisher einer befriedigenden Erklärung des Nordlichtes entgegenstanden nur noch vermehrt zu werden, so dass *Ångström* am angegebenen Orte die bisherige Analogie zwischen den Lichtphänomenen eines Nordlichtes und denjenigen beim Uebergang der Electricität in luftverdünnten Räumen durch diese Nichtcoïncidenz des Nordlichtspectrums mit einem bekannten Spectrum der atmosphärischen Gase für aufgehoben erklärt [2]).

1) *Silliman*'s Journal No. 142 und 143. 1869.

2) *Ångström*, Recherches sur le Spectre solaire p. 41. »De plus, les

Ich glaube jedoch durch die folgenden Betrachtungen die Annahme sehr wahrscheinlich machen zu können, dass, wenn die Lichtentwickelungen beim Nordlicht, nach Analogie der in luftverdünnten Räumen zum Glühen gebrachten Gase, in der That electrischer Natur sind, dieselben einer so niedrigen Temperatur angehören müssen, dass es unmöglich ist, bei gleicher Temperatur die Spectra glühender Gase in *Geissler*'schen Röhren zu beobachten. Hierdurch würde alsdann die Erklärung möglich, und als eine sehr einfache auch wahrscheinlich sein, dass das Spectrum des Nordlichtes nur deshalb nicht mit einem uns bekannten Spectrum der atmosphärischen Gase übereinstimmt, weil es ein Spectrum anderer, aber künstlich bis jetzt noch nicht darstellbarer, Ordnung unserer Atmosphäre ist.

Die fraglichen Betrachtungen ergeben sich aus dem in der vorangegangenen Abhandlung entwickelten Satze von der Aequivalenz der Dicke und Dichte der strahlenden Schichten in Verbindung mit den in höheren Regionen unserer Atmosphäre herrschenden Dichtigkeitsverhältnissen. Bezeichnen nämlich bei einer bestimmten Temperatur A_λ und E_λ die auf die Einheit der Dicke und Dichte bezogenen Werthe des Absorptions- und Emissionsvermögens für die Wellenlänge λ, ferner m und σ die Dicke und Dichte der leuchtenden Gasschicht, so hat man für die Helligkeit E der λ zugehörigen Stelle des Spectrums nach dem erwähnten Satze den folgenden Ausdruck:

$$E = [1-(1-A_\lambda)^{m\sigma}]\,\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$

Für ein gegebenes Gas und eine gegebene Temperatur hängt dieser Ausdruck, wie man sieht, nur von dem Werthe des Productes $m\sigma$ ab.

Denken wir uns also z. B. eine *Geissler*'sche Röhre mit verdünnter, atmosphärischer Luft gefüllt, und nehmen den Durchmesser des mittleren, engen Canals zu 1 Millimeter gleichzeitig als Einheit für die Dicke m an; ebenso als Einheit für σ

deux phénomènes de l'aurore boréale et du magnétisme terrestre, étant si intimement liés l'un avec l'autre, que l'apparition de la première est toujours accompagnée de perturbations exercées sur l'aiguille aimantée, on a donc pu supposer que l'aurore boréale n'était qu'une lueur électrique, analogue à celle que produit l'air raréfié dans l'oeuf éclectrique, ce qui n'est pourtant pas le cas.«

diejenige Dichte der eingeschlossenen Luft, welche einer Temperatur von 0°C. und einem Drucke von 1 Millimeter Quecksilber entspricht. Wird nun mit Hülfe eines Inductionsapparates die in der Röhre befindliche Luft zum Glühen gebracht, so würde bei constanter Temperatur das Spectrum der glühenden Gasschicht qualitativ und quantitativ ungeändert bleiben, wenn man die Dicke der leuchtenden Schicht, also im betrachteten Falle den Durchmesser des engen Canals, von 1 Millimeter bis zu 1000 Millimeter vergrösserte, dafür aber den Druck des eingeschlossenen Gases von 1 Millimeter bis auf $\frac{1}{1000}$ Millimeter verkleinerte. *Wüllner* fand bei seinen Untersuchungen »über die Spectra einiger Gase in *Geissler*'schen Röhren,« dass der Strom eines kleineren *Rühmkorff*'schen Apparates beim Stickstoff und Sauerstoff erst dann im Stande war den Widerstand zu überwinden, wenn der Druck in den betreffenden Röhren beziehungsweise auf 94 und 64 Millimeter reducirt war. Aber obschon bei diesem Druck die Gase dauernd leuchtend wurden, so war doch die Lichtstärke zur spectroskopischen Untersuchung noch eine zu geringe. Es trat für Stickstoff erst bei 46 Millimeter, für Sauerstoff sogar erst bei 28—30 Millimeter Druck die erforderliche Helligkeit ein [1]).

Ich will daher annehmen, dass mit dem von *Wüllner* angewandten Apparate bei ungefähr 50^{mm} Druck der Inductionsstrom durch eine mit atmosphärischer Luft gefüllte *Geissler*'sche Röhre hindurchgeht und bei einer Dicke der strahlenden Schicht von 1^{mm} eine hinreichende Lichtmenge entwickelt, um das atmosphärische Spectrum zu beobachten. Vergleicht man nun aber die hier benutzte Dicke der strahlenden Schicht mit den beim Nordlicht vorkommenden Dicken, so sind die letzteren offenbar unvergleichlich viel grösser anzunehmen und man wird sie namentlich an weit vom Zenith entfernten Stellen nach Meilen schätzen dürfen [2]). Nimmt man aber auch die Dicke einer solchen Schicht nur zu 1 Kilometer an, so würde diese bei derselben Temperatur wie die im vorliegenden Beispiele in der *Geissler*'schen Röhre stattfindende, nur den millionsten Theil der Dichtigkeit der in dieser eingeschlossenen Luft, also nur 0.00005 Millimeter Druck

1) *Poggendorff*'s Annalen Bd. 135. p. 516 und 524.

2) Es dürfte sich hierdurch die Thatsache sehr einfach erklären, dass mit zunehmendem Abstande vom Zenith im Allgemeinen die Helligkeit des Nordlichtes bis an die Grenze des dunklen Segmentes wächst.

bei 0⁰ besitzen dürfen, wenn das Spectrum des in der Röhre glühenden Gases vollkommen mit dem des Nordlichtes übereinstimmen sollte[1]). Es entsteht also hier die Frage, ob es zulässig ist, so niedrige Druckverhältnisse in denjenigen Regionen unserer Atmosphäre anzunehmen, in welchen sich das Nordlicht entwickelt.

Die Angaben über die Höhe verschiedener Nordlichter sind sehr von einander abweichende. So findet z. B. *Hansteen*[2]), früherer Angaben zu geschweigen, für das Nordlicht vom 7. Januar 1831 die Höhe von 26 geographischen Meilen, indem er die Messungen der scheinbaren Höhe des dunklen Segmentes von Berlin und Christiansand in Norwegen combinirt. Dagegen machen es die Beobachtungen von *Farqhuarson*[3]) wahrscheinlich, dass die Nordlichter im Allgemeinen eine weit geringere Höhe besitzen und zuweilen sogar bis in die Region der Wolken hinabreichen.

Diese Ansicht wird auch durch vielfache in neuerer Zeit namentlich in Polargegenden angestellte Beobachtungen von *Parry, Wrangel, Franklin, Hood, Richardson* u. A. bestätigt, so dass die Annahme einer Höhe des Nordlichtes von 10 bis 20 geographischen Meilen für die folgenden Berechnungen jedenfalls eher zu hoch als zu niedrig vorausgesetzt werden darf. Berechnet man nun unter Annahme einer überall gleichen Temperatur von 0⁰ und des normalen Barometerstandes an der Oberfläche der Erde, den Druck der Atmosphäre in jenen Höhen, so findet man für denselben in der Höhe von 10 geographischen Meilen 0.078 Millimeter, in der Höhe von 20 Meilen 0.00001 Millimeter.

Einer Schicht von 1 Meter Dicke der beim Nordlicht glühen-

---

1) Bei allen diesen Betrachtungen wird selbstverständlich die scheinbare Grösse der leuchtenden Schicht stets als hinreichend vorausgesetzt, um die Verschiedenheit der Entfernung der letzteren für die Helligkeit des Spectrums unwirksam zu machen. Ebenso wird von dem Einfluss der Absorption in den tiefer liegenden und nichtleuchtenden Schichten der Atmosphäre abgesehen.

2) *Poggendorff*'s Annalen XXII. (1831).

3) *Farqhuarson*, On a definite arrangement and order of the appearance and progress of the aurora borealis and its height above the surface of the earth. Philosophical Transactions for 1829.

On a remarkable appearance of the aurora borealis below the clouds. Ibidem 1842.

den Luftmasse würde demgemäss in der Höhe von 10 Meilen ein Druck von 78^{mm}, und in der Höhe von 20 Meilen ein Druck von 0.01^{mm} in der *Geissler*'schen Röhre äquivalent sein, um bei gleicher Temperatur ein eben so helles Spectrum wie das des Nordlichts zu erzeugen.

Da nun aber, wie schon bemerkt, die Dicke der beim Nordlicht strahlenden Schichten mit grösster Wahrscheinlichkeit nicht nach Metern sondern nach Kilometern geschätzt werden muss, so würde man selbst noch in einer Höhe von 10 Meilen einen so hohen Werth für den der Dicke äquivalenten Druck in der *Geissler*'schen Röhre erhalten, — nämlich schon 78 Meter Quecksilber für eine Schicht von 1 Kilometer Dicke — dass die Electricitätsmengen selbst der grössten Inductionsapparate nicht die genügende Spannung besässen, um den Widerstand der bis zu diesem Grade comprimirten Luft zu überwinden. Aber auch wenn dies der Fall wäre, würde die Temperatur der Entladung eine so hohe sein, dass das Spectrum nur ein glänzendes, continuirliches und daher mit dem Spectrum des Nordlichtes nicht weiter vergleichbar sein könnte.

Man sieht hieraus, dass die Menge der in einer *Geissler*'schen Röhre in's Glühen versetzten Gastheilchen im Vergleich zu der beim Nordlicht wirksamen Menge eine ausserordentlich geringe ist. Da nun aber dessenungeachtet das Spectrum eines in einer solchen Röhre befindlichen und durch Electricität in's Glühen versetzten Gases, mindestens die Helligkeit des Nordlichtspectrums besitzen muss, um überhaupt selbst mit den lichtstärksten Apparaten eine spectroskopische Analyse zu gestatten, so folgt hieraus, dass das Emissionsvermögen der in der Röhre glühenden Gastheilchen ausserordentlich viel grösser sein muss als dasjenige der beim Nordlicht glühenden Gastheilchen. Ein solcher Unterschied des Emissionsvermögens bei ein und demselben Körper kann aber nur durch Temperaturunterschiede bewirkt werden.

Wenn daher die Lichtentwicklung des Nordlichtes von glühenden Gastheilchen unserer Atmosphäre herrührt, so muss die Temperatur, bei welcher dieses Glühen stattfindet, eine sehr viel niedrigere als diejenige sein, bei welcher dieselben Gase in *Geissler*'schen Röhren durch Electricität in's Glühen versetzt werden können.

Jene Temperatur kann jedoch nach dem *Kirchhoff*'schen Satze nicht niedriger sein, als diejenige eines vollkommen schwarzen, glühenden Körpers, dessen continuirliches Spectrum an den dem Nordlichtspectrum entsprechenden Stellen von gleicher Helligkeit wie dieses ist. (Vgl. die vorhergehende Abhandlung § 6.)

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich, dass alle diejenigen Gasspectra verschiedener Ordnung, welche wir künstlich zu erzeugen im Stande sind, im Allgemeinen nur hohen Temperaturen angehören können, da ihre relativ grosse Helligkeit bei geringer Menge der glühenden Theilchen eine grosse Emission von Licht bei jedem einzelnen Theilchen nothwendig macht und dies nur durch eine hohe Temperatur bewirkt werden kann.

Wenn wir andrerseits in solchen Fällen sehr einfache und lichtschwache Spectra beobachten, wo trotz der ausserordentlich feinen Vertheilung der Materie, — wie beim Nordlicht, bei der Corona, dem Zodiakallicht und den Nebeln, — mit Rücksicht auf die ungeheure Dicke der strahlenden Schichten, eine grosse Anzahl leuchtender Theilchen als wirksam angenommen werden muss, so kann die Temperatur der hierbei glühenden Gase im Allgemeinen nur eine relativ geringe sein. Erst durch diese Betrachtungen erhält die von *Lockyer* ausgesprochene Vermuthung[1], dass die einfachen Spectra der Nebel nicht hohen sondern relativ niedrigen Temperaturen angehören, eine genügende Stütze.

1) Proceedings of the Royal Society 1869. No. 112.

Anmerkung. Man könnte vielleicht die Zulässigkeit der oben angestellten Vergleichung zwischen dem Nordlicht und einer *Geissler*'schen Röhre deswegen beanstanden, weil in der letzteren das Gas bei seiner Erhitzung sich nicht, wie beim Nordlicht, auszudehnen vermag und daher eine constante Dichte behält. Es kann jedoch diesem Umstande für die obigen Betrachtungen nur eine unwesentliche Bedeutung zugeschrieben werden, weil die Verminderung der Dichte erst eine secundäre und relativ viel später als die optische Wirkung des Glühens eintretende Wirkung der Temperaturerhöhung ist, und die letztere — selbst wenn man sie berücksichtigte — nur unbedeutende Aenderungen in dem behandelten Beispiele bedingen würde. — Dagegen halte ich es für wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil der merkwürdigen Bewegungsphänomene des Nordlichts auf die durch so bedeutende Temperaturdifferenzen entstehenden Gleichgewichtsstörungen in den äusserst verdünnten Luftschichten unserer Atmosphäre zurückzuführen ist.

Prof. **W. Braune**, *Ueber einen Saug- und Druckapparat an den Fascien des Oberschenkels des Menschen, durch welchen das Blut bei gewissen Bewegungen des Oberschenkels in den in die Bauchhöhle übergehenden Stamm der Schenkelvene gehoben und nach der Vena cava inferior zu fortbewegt wird.* Vorgelegt von *E. H. Weber.*

Ich habe beobachtet und durch viele zu verschiedenen Zeiten wiederholte Versuche bestätigt gefunden, dass die unter dem Ligamentum Poupartii und in der Fossa ovalis liegende Schenkelvene, bei menschlichen Leichen, deren Venen flüssiges Blut enthalten, blutleerer wird und zusammenfällt, wenn man den Oberschenkel auf eine gewisse, sogleich näher zu beschreibende, Weise bewegt, dagegen sich mit Blut füllt und strotzend wird, wenn man den Oberschenkel wieder in die frühere Lage zurückführt und in entgegengesetzter Richtung bewegt.

Die Schenkelvene erschlafft nämlich und fällt zusammen, während man den Schenkel scharf nach aussen rollt und ihn zugleich nach hinten bewegt und dadurch möglichst streckt, und bleibt auch noch leer wenn man ihn nun zu heben beginnt. Dagegen füllt sie sich wieder mit Blut und wird strotzend während man den Schenkel in die frühere Lage zurückführt und ihn im Gegentheil noch mehr nach vorn erhebt und möglichst beugt.

Um noch näher zu bestimmen, in welchem Grade bei der ersteren Bewegung, bei welcher die Schenkelvene sich entleerte und zusammenfiel, eine saugende Kraft wirksam werde, wurde in der Schenkelvene eines Leichnams ungefähr drei Zoll weit unter dem Ligamentum Poupartii, mit möglichster Schonung der Fascia ein Manometer eingebunden. Es zeigte sich dann bei der Wiederholung der oben angegebenen Bewegungen des Schenkels und also bei der Rollung des Schenkels nach aussen und der gleichzeitigen Streckung desselben in der Schenkelvene ein n e g a t i v e r Druck, der $1/2$ bis 1 Centimeter Wasser betrug.

Dieser negative Druck verschwand aber wieder und ging in einen positiven Druck über während man hierauf den Schenkel in die entgegengesetzte Lage zurückführte und ihn im Gegentheile nach vorn erhob und in die Lage der möglichsten Beugung brachte.

Auch bei lebenden Menschen, ja sogar an seinen eigenen Beinen, nimmt man, wenn die passenden Bewegungen ausgeführt werden, Erscheinungen wahr, welche durch eine plötzliche starke Füllung der Schenkelvene und stärkere Strömung des Bluts in ihr, entstehen. Legt man nämlich zugleich den Finger auf dieselbe und zwar unmittelbar am Ligamentum Poupartii, so fühlt man bei dem Beginn der Erhebung des vorher ausgestreckten Beines zum Schritte ein Erzittern der Venenwand der Schenkelvene. Man kann diese Erscheinung an sich selbst und an Andern sehr deutlich beobachten, wenn man das sehr stark nach aussen gerollte und in gestreckter Lage möglichst weit nach rückwärts gesetzte Bein plötzlich erhebt oder erheben lässt.

Die Knochen, Muskeln, Fascien und Venen nebst ihren Klappen bilden demnach im Schenkel und ganz besonders in der Gegend der Fossa ovalis einen Saug- und Druckapparat, der sogar bei dem Leichnam durch gewisse Bewegungen des Beines in Wirksamkeit gesetzt werden kann, während des Lebens aber nicht nur hierdurch, sondern auch durch das Anschwellen der Muskeln an dem Orte, wo sie sich zusammenziehen und durch das Abschwellen derselben, wenn sie wieder erschlaffen und sich verlängern, wirksam wird.

Die zahlreichen in die Vena femoralis einmündenden Venen, welche von allen Seiten zu ihr hinzutreten, namentlich die Vena saphena magna, circumflexa femoris externa und interna, die Venae pudendae externae und ein mächtiger, sehr constant vorhandener Stamm, der vom Foramen obturatorium über den horizontalen Schaambeinast herüber kommt, haben stets an ihrer Einmündungsstelle in die Vena femoralis eine Venenklappe, welche den Eintritt des Blutes in die Vena femoralis ungehindert gestattet, dagegen das Zurücktreten desselben aus der Vena femoralis in jene Venen verhindert, und also wie ein Ventil wirkt. In allen diesen Venen und ihren Netzen kann das Blut vermöge der Richtung, die die Venenklappen in ihnen haben nur nach der Schenkelvene hinfliessen und durch sie und die Iliaca in die Vena cava inferior gelangen, und also keineswegs in der Richtung nach dem Foramen obturatorium, und nach der Incisura

ischiadica major und minor fliessen und durch die Vena iliaca interna zur Vena cava inferior geführt werden. Wenn die Vena femoralis verstopft ist, ist dem Blute derselben der Weg nach der Vena cava inferior versperrt. Noch ist zu bemerken, dass die Haargefässbezirke, aus welchen jene Venen das Blut abführen zum Theil grösser sind, als die Haargefässbezirke der diesen Venen entsprechenden Arterien und dass also sogar ein Theil des Blutes, welches die Schenkelarterie nicht verbreitet hat, sondern benachbarte Arterien, vermöge der Richtung, welche die Klappen der Venen haben, nach der Schenkelvene und durch sie nach der Vena cava inferior hingeleitet wird.

Carl Neumann, *Zur Theorie des Logarithmischen und des Newton'schen Potentiales. Zweite Mittheilung.*

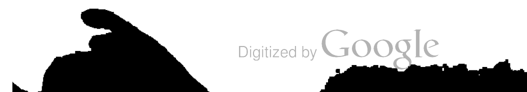
Bei den zunächst noch zu besprechenden Problemen der *Ebene* handelt es sich jedesmal um die Ermittelung einer Function der rechtwinkligen Coordinaten x, y, welche gewissen charakteristischen Bedingungen Genüge leistet. Obwohl diese Bedingungen bereits in meiner »*ersten Mittheilung*« angegeben sind, so wird es doch zweckmässig sein, dieselben — sie mögen mit (*Π*) bezeichnet werden — hier nochmals in einfacherer und zugleich strengerer Form hinzustellen. Mit Bezug auf eine in der Ebene beliebig gegebene, endliche oder unendliche Fläche $\mathfrak{T}$, von welcher nur vorauszusetzen ist, dass ihre *Rand*puncte sämmtlich im Endlichen liegen, lassen sich diese Bedingungen so aussprechen:

(*Π*) . . . *Von einer Function wird verlangt, sie solle in ganzer Erstreckung der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ eindeutig und gleichmässig stetig sein. — Ueberdiess wird, falls die Fläche $\mathfrak{T}$ unendlich ist, gleichzeitig noch verlangt, der Werth der Function solle für sämmtliche Puncte, die ins Unendliche sich entfernen, convergiren gegen irgend eine endliche [jedoch nicht vorgeschriebene] Constante.*

Ferner wird verlangt, dass die Ableitungen der Function eindeutig und gleichmässig stetig sind in Erstreckung eines jeden Gebietes, welches vollständig innerhalb $\mathfrak{T}$ liegt, und dass in Erstreckung eines jeden solchen Gebietes die Function der Gleichung genüge $\Delta = 0$.

Unter den Ableitungen der Function sind dabei, falls die Function mit Φ bezeichnet wird, sämmtliche Ausdrücke

$$\frac{\partial^{p+q}\Phi}{\partial x^p\,\partial y^q}$$



zu verstehen, in denen $p + q$ gleich 1 oder 2 ist; während andererseits unter der Gleichung $\Delta = 0$ die bekannte Differentialgleichung $\Delta\Phi = 0$, d. i. die Gleichung

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2} = 0$$

zu verstehen ist. — Es mag bemerkt sein, dass diese Bedingungen (Π) und die aus ihnen fliessenden Consequenzen, um einen festen Anhaltpunct zu gewinnen, in möglichst sorgfältiger Weise von mir erörtert worden sind in den Mathematischen Annalen, Bd. III, Seite 325.

In meiner »*ersten Mittheilung*« wurde der Fall ins Auge gefasst, dass die Fläche $\mathfrak{T}$ eine *Fläche einfachster Gattung* ist, dass sie nämlich nur eine einzige Randcurve besitzt, und dass diese Curve überall convex oder überall concav ist. In der That lässt sich zeigen, dass die damals angegebenen Operationen bei einer solchen Fläche einfachster Gattung, *falls der Rand derselben keine Eckpuncte hat*, zu einer Function führen, welche den eben genannten Bedingungen (Π) vollständig Genüge leistet, und ausserdem am Rande der Fläche vorgeschriebene Werthe besitzt. Selbstverständlich ist über diese vorgeschriebenen Randwerthe vorauszusetzen, dass sie eindeutig und gleichmässig stetig sind. — *Ist hingegen der Rand einer solchen Fläche mit einzelnen Eckpuncten behaftet*, so sind folgende Fälle zu unterscheiden:

A. Der Rand ist zusammengesetzt aus Linien, unter denen wenigstens eine sich befindet, die *gekrümmt* ist.

B. Der Rand besteht aus lauter *geraden* Linien.

$B\alpha$. Die Anzahl dieser Linien ist grösser als 4.

$B\beta$. Die Anzahl derselben ist $= 4$ oder $= 3$.

In den Fällen *A*. und $B\alpha$. führen die angegebenen Operationen mit geringen und leicht sich ergebenden Modificationen ebenfalls zum gewünschten Ziel. Im Falle $B\beta$. hingegen erscheinen dieselben nicht anwendbar, weil in diesem Falle die Convergenz des Verfahrens zweifelhaft wird. Mit voller Sicherheit jedoch kann dieser Fall $B\beta$. behandelt werden mit Hülfe der Methoden der Combination, von denen in meiner »*ersten Mittheilung*« bereits die Rede war, und die im Folgenden näher angegeben werden sollen.

§ 1. Reduction und Moment einer Curve.

Eine Curve, welche in ununterbrochenem Zuge und ohne sich selber zu durchschneiden oder zu berühren von einem Puncte a zum Puncte b geht, und zugleich vollständig im Endlichen sich befindet, mag kurzweg eine *Elementarcurve* genannt werden, und zwar eine *ungeschlossene Elementarcurve*, falls a, b verschiedene Puncte sind, eine *geschlossene Elementarcurve*, falls a, b zusammenfallen. Hieraus folgt, dass eine Elementarcurve behaftet sein kann mit beliebig vielen *Eck*puncten, dass hingegen die Anzahl ihrer *End*puncte immer $= 2$ oder $= 0$ ist.

Ein in der Ebene *beliebig gegebenes Curvensystem* wird, sobald es nur mit all' seinen Puncten im Endlichen liegt, immer durch geeignete Schnitte zerlegbar sein in lauter *Elementarcurven*, oder (falls solches von Vortheil sein sollte) auch zerlegbar sein in lauter *ungeschlossene Elementarcurven*.

Häufig ist es nothwendig, bei einer Curve zu unterscheiden zwischen ihren beiden Seiten. Es mögen dazu die Worte *links* und *rechts* in Anwendung gebracht werden, der Art, dass z. B. bei einer gegebenen Elementarcurve α nach Belieben irgend eine der beiden Seiten als die *linke*, die andere als die *rechte* festgesetzt wird. Aehnlich kann auch verfahren werden bei einem beliebig gegebenen Curvensystem σ, wenn man dasselbe in einzelne Elementarcurven $\alpha, \beta, \ldots \zeta$ zerlegt, und jeder solchen Elementarcurve eine derartige Seitenbezeichnung zu Theil werden lässt; nur wird die in solcher Weise für das gegebene System σ resultirende Seitenbezeichnung im Allgemeinen keine einheitliche sein, z. B. dann keine einheitliche sein können, wenn das System σ Knotenpuncte besitzt.

Ist α eine Elementarcurve und p irgend ein gegebener Punct, welcher *ausserhalb* α (d. i. *nicht auf* α) liegt, so soll unter der *reducirten Curve*

$$(\alpha)_p$$

die Projection von α auf eine mit dem Radius 1 um p beschriebene Kreisperipherie verstanden werden, die Projection ausgeführt gedacht in centraler Weise, d. i. längs der Radien jener Kreisperipherie. — Die reducirte Curve ist also mit all' ihren Puncten aufgelagert auf die Kreisperipherie; übrigens wird sie diese Peripherie, je nach Beschaffenheit von α und je nach der Lage von p, zuweilen nur einfach, im Allgemeinen aber an ver-

schiedenen Stellen in verschiedener Vielfachheit bedecken. Uebrigens mögen α und $(\alpha)_p$ nicht nur als Bezeichnungen der beiden Curven, sondern gleichzeitig als die numerischen Ausdrücke für die *Längen* derselben angesehen werden; auch mag die Länge $(\alpha)_p$ kurzweg die *Reduction* von α auf den Punct p genannt werden.

Liegt der gegebene Punct p in dem einen *Endpunct* von α, so soll der correspondirende Endpunct der reducirten Curve $(\alpha)_p$ jedesmal bestimmt gedacht werden durch die in p an α gelegte Tangente.

Liegt endlich p irgendwo *auf* α, ohne gerade mit einem der Endpuncte zusammenzufallen, so wird α durch p in zwei Theile α_1 und α_2 zerlegt. In diesem Fall soll unter der reducirten Curve $(\alpha)_p$ das Aggregat der beiden Curven $(\alpha_1)_p$ und $(\alpha_2)_p$ verstanden werden; so dass also, was die numerischen Ausdrücke betrifft, $(\alpha)_p = (\alpha_1)_p + (\alpha_2)_p$ sein wird.

Ist in der Ebene ein beliebiges, aber im Endlichen liegendes, Curvensystem σ gegeben, so kann man dasselbe zerlegen in lauter ungeschlossene Elementarcurven $\alpha, \beta, \ldots \zeta$. Folglich kann die Reduction des Systemes σ auf einen gegebenen Punct p berechnet werden vermittelst der Formel:

$$(\sigma)_p = (\alpha)_p + (\beta)_p \ldots + (\zeta)_p .$$

Durch diese ist, weil $(\alpha)_p, (\beta)_p, \ldots (\zeta)_p$ auf Grund der vorhergehenden Festsetzungen in völlig bestimmter Weise definirt sind, eine bestimmte Definition gegeben auch für $(\sigma)_p$.

Geometrisch betrachtet stellt sich hiernach die *Reduction*

$$(\sigma)_p$$

als die Summe (d. i. die Gesammtlänge) gewisser Curventheile dar, welche aus den Curventheilen von σ durch Projection entstanden, und sämmtlich aufgelagert sind einer mit dem Radius 1 um p beschriebenen Kreisperipherie. Denkt man sich nun σ versehen mit einer bestimmt festgesetzten Seitenbezeichnung, so soll unter dem *Moment*

$$[\sigma]_p$$

die Summe *ebenderselben* Curventheile verstanden werden, nur mit dem Unterschiede, dass jeder Curventheil positiv oder negativ zu rechnen ist, jenachdem seine *linke* Seite zusammenfällt mit der *Innen*- oder *Aussen*seite jener Kreisperipherie.

Es sei $\mathfrak{T}$ eine in der Ebene gegebene von beliebig vielen Curven begrenzte Fläche; all' jene Curven zusammengenommen mögen bezeichnet werden mit σ. Besitzt dieser Rand σ einen Eckpunct g, so wird in dem Puncte g von der Fläche $\mathfrak{T}$ ein Winkel ausgefüllt sein, welcher begrenzt ist von den beiden in g an σ gelegten Tangenten; dieser von der Fläche $\mathfrak{T}$ *erfüllte* Winkel mag genannt werden das *Winkelmass* der Fläche $\mathfrak{T}$ im Puncte g, und bezeichnet werden mit π_g. Gleichzeitig mag unter dem *supplementaren Winkelmass* ϑ_g diejenige Grösse verstanden werden, welche mit π_g verbunden ist durch die Relation

$$\vartheta_g + \pi_g = \pi,$$

wo $\pi = 3,141 \ldots$ Diese Bezeichnungen mögen übrigens nicht allein auf die Eckpuncte, sondern auf *sämmtliche* Randpuncte in Anwendung gebracht werden. Ist also s ein beliebiger Randpunct, so sind π_s, ϑ_s als zwei auf dem Rande gegebene Functionen anzusehen, von denen die erstere, mit alleiniger Ausnahme der Eckpuncte, überall $= \pi$, die letztere, mit eben derselben Ausnahme, überall $= 0$ ist.

Durch eine *geschlossene Elementarcurve* α (welche der Definition zufolge mit all' ihren Puncten im Endlichen liegt) wird die ganze unendliche Ebene in zwei Theile zerlegt. Jeder von diesen Theilen repräsentirt eine nur allein von α begrenzte Fläche; während aber die eine endlich ist, wird die andere zu bezeichnen sein als unendlich. Jede von ihnen wird zu nennen sein die *Ergänzungsfläche* der andern. Die Seitenbezeichnung von α mag in beliebiger Weise festgesetzt sein, mit Benutzung der Worte links und rechts; diejenige von jenen beiden Flächen, welche auf der linken Seite von α sich befindet, heisse $\mathfrak{L}$, die andere $\mathfrak{R}$. Dabei bleibt also völlig dahingestellt, ob $\mathfrak{L}$ endlich und $\mathfrak{R}$ unendlich, oder ob das Umgekehrte der Fall ist. Das Moment

$$[\alpha]_p,$$

d. i. das Moment der geschlossenen Elementarcurve α auf irgend einen Punct p, besitzt, je nach der Lage von p, sehr verschiedene Werthe. Um dieselben wirklich angeben zu können, mögen sämmtliche Puncte der ganzen unendlichen Ebene in zwei Kategorien gesondert werden, die eine bestehend aus allen *auf* α




gelegenen Puncten a, die andere bestehend aus all' denjenigen Puncten x, welche *ausserhalb* α (d. i. *nicht* auf α) sich befinden; so dass also zur letzten Kategorie einerseits diejenigen Puncte gehören, welche *innerhalb* der Fläche $\mathfrak{L}$, andererseits auch diejenigen, welche *innerhalb* der Fläche $\mathfrak{R}$ gelegen sind. Die Werthe des in Rede stehenden Moments sind alsdann folgende:

$$[\alpha]_x = C + 2\pi, \quad \text{für jeden Punct } x \text{ innerhalb } \mathfrak{L},$$
$$[\alpha]_a = C + \pi_a, \quad \text{für jeden Punct } a,$$
$$[\alpha]_x = C, \quad \text{für jeden Punct } x \text{ innerhalb } \mathfrak{R},$$

wo π_a das Winkelmass der Fläche $\mathfrak{L}$ im Puncte a vorstellt, und wo C eine Constante ist, welche den Werth 0 oder den Werth -2π besitzt, jenachdem $\mathfrak{L}$ endlich oder unendlich ist.

Diese einfachen Resultate mögen, allerdings in etwas künstlicher Weise, und nur um besseren Anschluss für Späteres zu erhalten, ihrer Form nach einer gewissen Umgestaltung unterworfen werden. Es mögen nämlich drei respective zu $\mathfrak{L}$, α, $\mathfrak{R}$ gehörige Functionen U, V, W eingeführt werden; und zwar soll U für alle in Erstreckung von $\mathfrak{L}$ befindlichen Puncte x, a definirt sein durch die Formel:

$$U_x = [\alpha]_x, \qquad U_a = [\alpha]_a + \vartheta_a + \pi, \qquad \text{auf } \mathfrak{L};$$

ferner V für alle auf α befindlichen Puncte a definirt sein durch

$$V_a = [\alpha]_a + \vartheta_a, \qquad \text{auf } \alpha;$$

endlich soll W für alle in Erstreckung der Fläche $\mathfrak{R}$ gelegenen Puncte x, a definirt sein durch

$$W_x = [\alpha]_x, \qquad W_a = [\alpha]_a + \vartheta_a - \pi, \qquad \text{auf } \mathfrak{R}.$$

Dabei ist, nach schon getroffener Festsetzung, unter ϑ_a das supplementare Winkelmass der Fläche $\mathfrak{L}$ im Puncte a zu verstehen, so dass also $\vartheta_a + \pi_a = \pi$ ist. — Aus den vorhin für die Momente $[\alpha]_x$ und $[\alpha]_a$ gegebenen Werthen folgt alsdann sofort, dass die Function U in ganzer Erstreckung der Fläche $\mathfrak{L}$ constant, nämlich $= C + 2\pi$ ist, dass ferner V auf der Curve α constant, nämlich $= C + \pi$, und dass endlich W in ganzer Erstreckung der Fläche $\mathfrak{R}$ constant, nämlich $= C$ ist.

Complicirter sind die Resultate, zu denen man gelangt bei einer *ungeschlossenen Elementarcurve.* Es sei α eine solche Curve mit den Endpuncten o_1, o_2, und mit beliebig festgesetzter Seitenbezeichnung. Ebenso wie vorhin mag jeder Punct der ganzen unendlichen Ebene, jenachdem er *auf* α oder *ausserhalb* α sich befindet, bezeichnet sein mit a oder x; auch sei für jeden Punct a das supplementare Winkelmass des auf der *linken* Seite von α befindlichen Flächengebietes bezeichnet mit s_a. Versteht man alsdann unter $\mathfrak{Z}'$ diejenige Fläche, in welche die ganze unendliche Ebene $\mathfrak{Z}$ sich verwandelt durch einen längs α (also von o_1 bis o_2) hingehenden *Schnitt*, und denkt man sich ferner durch Kreislinien, welche mit *beliebig kleinen* Radien um o_1 und o_2 beschrieben sind, zwei mit diesen Puncten behaftete Flächentheile $\mathfrak{D}_1$ und $\mathfrak{D}_2$ von $\mathfrak{Z}'$ abgesondert, und die übrig bleibende Fläche mit $(\mathfrak{Z}' - \mathfrak{D}_1 - \mathfrak{D}_2)$ bezeichnet, so wird durch die Formeln:

$$
\begin{aligned}
U_x &= [\alpha]_x, && \text{für alle Puncte } x,\\
U_a &= [\alpha]_a + s_a + \pi, && \text{auf der *linken* Seite von } \alpha,\\
U_a &= [\alpha]_a + s_a - \pi, && \text{auf der *rechten* Seite von } \alpha,
\end{aligned}
$$

eine Function U definirt sein, welche nicht nur gleichmässig stetig ist in ganzer Erstreckung der Fläche $(\mathfrak{Z}' - \mathfrak{D}_1 - \mathfrak{D}_2)$, sondern welche überhaupt auf dieser Fläche die Bedingungen (Π) in vollständiger Weise erfüllt.

Ferner gelangt man hinsichtlich der Endpuncte o_1, o_2, falls irgend einer derselben kurzweg mit o bezeichnet wird, zu einem Satze der so lautet: Wie klein ein gegebenes ε auch sein mag, immer kann um o eine Kreisfläche $\mathfrak{D}$ beschrieben werden von solcher Kleinheit, dass für *sämmtliche* auf $\mathfrak{D}$ befindlichen Puncte a und x die Formeln stattfinden:

$$
\begin{aligned}
[\alpha]_a - [\alpha]_o &= \varepsilon\vartheta_a,\\
[\alpha]_x - [\alpha]_o &= (\pi - \Delta_x) + \varepsilon\vartheta_x.
\end{aligned}
$$

Dabei ist unter Δ_x ein gewisser dem Puncte x zugehöriger Winkel zu verstehen, nämlich derjenige, unter welchem eine von o nach x gelegte gerade Linie im Puncte o geneigt ist gegen die *linke* Seite der Curve α; während andererseits ϑ_a und ϑ_x zwei nicht näher bekannte positive oder negative *ächte Brüche* vorstellen, welche variiren mit der Lage von a und x.

§ 2. Moment einer Curvenbelegung.

Es sei σ irgend eine Elementarcurve mit bestimmt festgesetzter Seitenbezeichnung, und f eine auf σ gegebene Function. Die Curve σ werde nach irgend welcher *Norm* λ zerlegt in einzelne Theile $\varDelta\sigma_1, \varDelta\sigma_2, \ldots$, d. h. in einzelne Theile zerlegt, von denen jeder, seiner Länge nach betrachtet, $< \lambda$ ist; sodann mögen die Momente gebildet werden

$$[\varDelta\sigma_1]_p, \quad [\varDelta\sigma_2]_p, \ldots$$

mit Bezug auf einen in der Ebene beliebig gegebenen Punct p; endlich werde die Summe gebildet:

$$f_1[\varDelta\sigma_1]_p + f_2[\varDelta\sigma_2]_p + \ldots,$$

wo f_1 *irgend einen* unter denjenigen Werthen darstellen soll, welche f auf $\varDelta\sigma_1$ besitzt, ebenso f_2 einen *beliebigen* unter den auf $\varDelta\sigma_2$ vorhandenen Werthen, u. s. w. Es fragt sich, ob diese in üblicher Weise mit

$$\Sigma f[\varDelta\sigma]_p$$

zu bezeichnende Summe gegen einen völlig bestimmten endlichen Werth convergiren wird, sobald man die der Eintheilung $\varDelta\sigma_1, \varDelta\sigma_2, \ldots$ auferlegte Norm λ kleiner und kleiner werden lässt. — Eine genauere Untersuchung zeigt, dass solches in der That, und zwar für *jede beliebige Lage des Puncts p*, der Fall sein wird, sobald nur f in Erstreckung der Curve σ gleichmässig stetig ist. Mit andern Worten:

Ist σ eine gegebene *Elementarcurve*, f eine auf σ gleichmässig stetige Function, und p ein beliebig gegebener Punct (einerlei ob derselbe ausserhalb oder auf σ liegt), so wird das über σ hinerstreckte Integral

$$\int f[d\sigma]_p$$

jederzeit einen *völlig bestimmten endlichen* Werth besitzen. Dieser von σ, f, p abhängende Werth mag, um solches anzudeuten, bezeichnet werden mit

$$[\sigma, f]_p,$$

und genannt werden das *Moment der auf σ gegebenen Function f in Bezug auf den Punct p.*

Hieraus folgt sofort, dass das in Rede stehende Integral

auch dann einen völlig bestimmten endlichen Werth haben wird, wenn σ ein beliebig gegebenes *Curvensystem* repräsentirt, vorausgesetzt, dass dieses System sich zerlegen lässt in eine endliche Anzahl von Elementarcurven, und vorausgesetzt ferner, dass die gegebene Function auf jeder einzelnen unter diesen Elementarcurven gleichmässig stetig ist.

Zugleich gelangt man zu folgendem Satz: Entsprechen ein Curvensystem σ und eine Function f den eben genannten Voraussetzungen, und versteht man unter $\mathfrak{X}$ eine beliebig gegebene endliche oder unendliche Fläche, deren Puncte x jedoch sämmtlich *ausserhalb* σ liegen, so wird das Moment

$$[\sigma, f]_x$$

eine Function von x sein, welche nicht nur gleichmässig stetig ist in ganzer Erstreckung der Fläche $\mathfrak{X}$, sondern überhaupt auf dieser Fläche die Bedingungen (Π) vollständig erfüllt.

Es sei α eine beliebig gegebene *geschlossene Elementarcurve*, mit beliebig festgesetzter Seitenbezeichnung; von den beiden Flächen, in welche die ganze unendliche Ebene durch α zerlegt wird, mag, ebenso wie im vorhergehenden §, die auf der linken Seite von α befindliche mit $\mathfrak{L}$, die auf der rechten Seite von α liegende mit $\mathfrak{R}$ bezeichnet sein. Auch mögen wiederum sämmtliche Puncte der ganzen unendlichen Ebene in zwei Kategorien gesondert gedacht werden, die eine bestehend aus allen *auf* α befindlichen Puncten a, die andere bestehend aus allen *ausserhalb* α (d. i. theils *innerhalb* $\mathfrak{L}$, theils *innerhalb* $\mathfrak{R}$) befindlichen Puncten x. Gleichzeitig repräsentire ϑ_a für jeden Punct a das in ihm vorhandene supplementare Winkelmass der Fläche $\mathfrak{L}$. Endlich sei f eine auf der Curve α beliebig gegebene Function, von welcher nur vorausgesetzt werden soll, dass sie auf α gleichmässig stetig ist. Alsdann gilt folgender Satz.

Denkt man sich drei Functionen U, V, W respective auf $\mathfrak{L}$, auf α, auf $\mathfrak{R}$ definirt durch die Formeln:

$$\begin{aligned} U_x &= [\alpha, f]_x, & U_a &= [\alpha, f]_a + \vartheta_a f_a + \pi f_a, & &\text{auf } \mathfrak{L}, \\ & & V_a &= [\alpha, f]_a + \vartheta_a f_a, & &\text{auf } \alpha, \\ W_x &= [\alpha, f]_x, & W_a &= [\alpha, f]_a + \vartheta_a f_a - \pi f_a, & &\text{auf } \mathfrak{R}, \end{aligned}$$

so wird U auf der Fläche $\mathfrak{L}$ die Bedingungen (Π) erfüllen, ferner



V gleichmässig stetig sein auf der Curve α, und endlich W die Bedingungen (II) erfüllen auf der Fläche $\mathfrak{R}$.

Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, dass in diesen Formeln unter f_a die Werthe der gegebenen Function in den Puncten a zu verstehen sind. — Aus der genannten Beschaffenheit von V ergiebt sich beiläufig, dass die Function

$$[\alpha, f]_a$$

auf α unstetig ist, nämlich unstetig in den Eckpuncten von α. Jedoch sind, wie sich zeigt, diese Unstetigkeiten von solcher Art, dass die Function durch Abänderung ihres Werthes in einzelnen Puncten, nämlich in jenen Eckpuncten, verwandelbar ist in eine vollkommen stetige Function.

Complicirter, aber auch gerade von grosser Wichtigkeit, sind die Resultate, welche sich ergeben für eine *ungeschlossene Elementarcurve.* — Es sei α eine solche Curve, versehen mit beliebig festgesetzter Seitenbezeichnung und mit den Endpuncten o_1 und o_2. Jeder auf der ganzen unendlichen Ebene befindliche Punct mag, jenachdem er *auf* α oder *ausserhalb* α liegt, bezeichnet sein mit a oder x; gleichzeitig bezeichne ϑ_a für jeden Punct a das in ihm vorhandene supplementare Winkelmass des auf der linken Seite von α befindlichen Flächengebietes. Endlich sei f eine auf α gleichmässig stetige Function von sonst beliebiger Beschaffenheit. — Alsdann gelten folgende Sätze.

Ist $\mathfrak{Z}'$ diejenige Fläche, in welche die ganze unendliche Ebene $\mathfrak{Z}$ durch Ausführung eines längs α von o_1 nach o_2 gehenden Schnittes sich verwandelt, und ferner $(\mathfrak{Z}' - \mathfrak{O}_1 - \mathfrak{O}_2)$ diejenige Fläche, welche von $\mathfrak{Z}'$ noch übrig bleibt nach Absonderung zweier kreisförmiger Flächentheile $\mathfrak{O}_1, \mathfrak{O}_2$, welche um o_1, o_2 mit beliebig kleinen Radien beschrieben sind, so wird jedesmal die durch die Formeln

$$U_x = [\alpha, f]_x, \qquad \text{für alle Puncte } x,$$
$$U_a = [\alpha, f]_a + \vartheta_a f_a + \pi f_a, \qquad \text{auf der linken Seite von } \alpha,$$
$$U_a = [\alpha, f]_a + \vartheta_a f_a - \pi f_a, \qquad \text{auf der rechten Seite von } \alpha,$$

definirte Function U nicht nur gleichmässig stetig sein in ganzer Erstreckung der Fläche $(\mathfrak{Z}' - \mathfrak{O}_1 - \mathfrak{O}_2)$, sondern überhaupt auf dieser Fläche die Bedingungen (II) vollständig erfüllen. — Ist ferner o irgend einer der beiden Endpuncte o_1, o_2, so wird sich, wie klein eine gegebene Grösse ε auch gedacht werden mag, jederzeit



um o eine Kreisfläche $\mathfrak{O}$ beschreiben lassen von solcher Kleinheit, dass für sämmtliche auf $\mathfrak{O}$ befindlichen Puncte a und x die Formeln stattfinden:

$$[\alpha, f]_a - [\alpha, f]_o = \varepsilon\vartheta_a,$$
$$[\alpha, f]_x - [\alpha, f]_o = (\pi - \Delta_x) f_o + \varepsilon\vartheta_x.$$

Dabei bezeichnet Δ_x denjenigen Winkel, unter welchem ein von o nach x gelegter Strahl im Puncte o geneigt ist gegen die linke Seite der Curve α, während andrerseits ϑ_a und ϑ_x nicht näher bekannte, mit der Lage von a und x variirende, ächte Brüche sind.

Der hier, ebenso wie im vorhergehenden § auftretende Winkel Δ_x muss übrigens, falls die ausgesprochenen Sätze auch ihrer Form nach vollständig strenge sein sollen, ein wenig sorgfältiger definirt werden. Es sei $\mathfrak{O}$ eine um den Punct *o* beschriebene Kreisfläche, und $\mathfrak{O}'$ diejenige Fläche, in welche $\mathfrak{O}$ sich verwandelt durch einen *Schnitt*, der längs der Curve α vom Mittelpunct *o* zum Rande geht. Denkt man sich auf $\mathfrak{O}'$ durch irgend zwei Radien einen Kreissector $\mathfrak{S}$ construirt von solcher Lage und Grösse, dass jener Schnitt den Sector $\mathfrak{S}$ unversehrt lässt, so ist für *sämmtliche* auf $\mathfrak{S}$ gelegene Puncte x die für den Winkel Δ_x vorhin gegebene Definition vollständig ausreichend; für jeden solchen Punct x repräsentirt Δ_x denjenigen Winkel, unter welchem eine von *o* nach x gelegte gerade Linie im Puncte *o* geneigt ist gegen die *linke* Seite der Curve α. Solches festgesetzt, sind alsdann — und dies ist der noch hinzuzufügende Theil der Definition — für alle auf $(\mathfrak{O}' - \mathfrak{S})$ befindlichen Puncte x die Winkel Δ_x in solcher Weise zu rechnen, dass sämmtliche Werthe Δ_x zusammengenommen angesehen werden können als eine Function von x, welche auf der Fläche $\mathfrak{O}'$, mit alleiniger Ausnahme des Punctes *o*, überall stetig ist. — Ist z. B. α die Hälfte einer um *m* mit dem Radius 1 beschriebenen Kreislinie, ferner die linke Seite von α diejenige, welche dem Mittelpunct *m* zugewendet ist, und denkt man sich um den einen Endpunct *o* dieser Halbkreislinie α eine Fläche $\mathfrak{O}'$ construirt wiederum mit dem Radius 1, so wird der Winkel Δ_x für diejenigen Puncte x, welche am kreisförmigen Rande von $\mathfrak{O}'$ liegen, variiren zwischen $\frac{\pi}{6}$ und $2\pi + \frac{\pi}{6}$.



Um die so eben in Betreff einer *ungeschlossenen Elementarcurve* gefundenen Resultate in mehr übersichtlicher Weise zusammenfassen zu können, bedarf es einiger allgemeiner Ueberlegungen.

Die vorhin construirte Fläche $\mathfrak{Z}'$ besitzt eine Randcurve, welche sich zusammensetzt aus den beiden Uferlinien des Schnittes α; sie besitzt also in jedem der Puncte o eine Ecke, und in jedem dieser beiden Eckpuncte o ein Winkelmass π_0, welches $= 2\pi$ ist. Analoges gilt von der Fläche $\mathfrak{O}'$.

Um das Wesentliche besser hervortreten zu lassen, mag an Stelle der speciellen Fläche $\mathfrak{Z}'$ eine beliebige Fläche $\mathfrak{T}$ gedacht werden. Die Puncte der Fläche $\mathfrak{T}$ seien gesondert in zwei Kategorien, die eine bestehend aus einem einzelnen Punct o am *Rande* von $\mathfrak{T}$, die andere aus allen übrigen Puncten e. Unter dem Azimut $\varDelta$ eines Punctes e mag verstanden werden das Azimut des Strahles oe, dasselbe gerechnet in beliebig festgesetztem Sinn von einem festgesetzten Anfangsstrahl aus, jedoch in solcher Weise, dass $\varDelta$ für Puncte e, welche auf $\mathfrak{T}$ einen stetigen Zusammenhang haben, auch stetig aufeinander folgende Werthe besitzt.

I. *Begriff des Axenpunctes und des Axenwerthes.* — Nunmehr werde eine Function Φ gedacht von eigenthümlicher Art, welche folgenden Anforderungen entspricht. In jedem Punct e soll Φ einen *eindeutigen* Werth

$$\Phi_e$$

haben, also einen Werth, der durch Angabe von e vollständig bestimmt ist. Im Puncte o hingegen soll Φ einen Werth besitzen, der, *an und für sich völlig unbestimmt*, zu einem bestimmten erst dann wird, wenn mit o zugleich noch einer der Puncte e in Betracht kommt; es soll nämlich dieser Werth lauten:

$$\Phi_0 = C + D\varDelta,$$

wo C, D gegebene Constante sind, und $\varDelta$ das Azimut eines nach Belieben zu wählenden und nach Belieben zu variirenden Punctes e vorstellt.

Der Punct o mag genannt werden ein *Axenpunct*; der vieldeutige Werth $C + D\varDelta$ ein *Axenwerth*; endlich mag diejenige specielle Gestalt, welche dieser Axenwerth gewinnt durch Hinzunahme eines bestimmten Punctes e, genannt werden *die nach*

dem Puncte e oder nach dem Strahl oe orientirte Gestalt jenes Werthes. Während der vieldeutige Axenwerth im Allgemeinen mit

$$\Phi_o$$

zu bezeichnen ist, mag die genannte specielle Gestalt dieses Werthes bezeichnet werden mit

$$\Phi_{o(oe)}\,.$$

Als Beispiel einer solchen Function Φ kann angeführt werden die Function Δ. Bei dieser tritt der Specialfall ein, dass $C = 0$ und $D = 1$ ist.

II. *Begriff der Stetigkeit in einem Axenpunct.* — Die besprochene Function Φ, welche auf der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$, mit alleiniger Ausnahme des Punctes o, überall eindeutig ist, werde nun hinsichtlich ihres Verhaltens im Puncte o folgender Ausdrucksweise unterworfen.

Kann, wie klein ein gegebenes ε auch sein mag, jederzeit um o eine Kreisfläche beschrieben werden von solcher Kleinheit, dass für alle auf derselben befindlichen Puncte e die Relation stattfindet

$$\text{abs}\,(\Phi_e - \Phi_{o(oe)}) < \varepsilon$$

so soll Φ eine Function genannt werden, welche auf der Fläche $\mathfrak{T}$ in ihrem Axenpunct o stetig ist.

Als Beispiel einer Function Φ, welche in diesem Sinne in ihrem Axenpunct stetig ist, kann wiederum angeführt werden die Function Δ.

Denkt man sich irgend eine *andere* Function Φ, welche ebenfalls in dem genannten Sinne stetig ist, für welche aber die Constante D den Werth Null hat, so verwandelt sich der Axenpunct o in einen Eindeutigkeitspunct; und gleichzeitig verwandelt sich alsdann die hier *für einen Axenpunct* gegebene Definition der Stetigkeit in die *gewöhnliche* Definition der Stetigkeit. Durch unsere Festsetzung ist also der Begriff der Stetigkeit ausgedehnt auf ein neues Object, und in solcher Weise, dass diese Ausdehnung jedesmal in den gewöhnlichen Umfang des Begriffes zurücksinkt, sobald man durch Specialisirung das neue Object in das gewöhnliche übergehen lässt.

III. *Determination der allgemeinen Form des Axenwerthes.* — Vom Axenpunct o m[illegible]n drei Strahlen ausgehen, der Reihe



nach bezeichnet mit 1, λ, 2; und zwar seien 1 und 2 die Schenkel des in o von der Fläche $\mathfrak{T}$ erfüllten, mit π_0 zu bezeichnenden Winkels; andrerseits sei λ ein in Bewegung begriffener Strahl, welcher um o sich drehend und den Winkel π_0 überstreichend aus der Lage 1 übergeht in die Lage 2. Sind $\varDelta_1$, $\varDelta$, $\varDelta_2$ die Azimute von 1, λ, 2, und sind mithin

$$\Phi_{o(1)} = C + D\varDelta_1,$$
$$\Phi_{o(\lambda)} = C + D\varDelta,$$
$$\Phi_{o(2)} = C + D\varDelta_2,$$

die nach 1, λ, 2 orientirten Gestalten des Axenwerthes Φ_0, so wird, während der genannten Drehung des Strahles λ, vom Azimut $\varDelta$ das Intervall

$$\varDelta_1 \text{———} \varDelta_2$$

durchschritten werden, gleichzeitig also von $\Phi_{o(\lambda)}$ durchlaufen werden das Intervall

$$\Phi_{o(1)} \text{———} \Phi_{o(2)}.$$

Geht vom Puncte o irgend welche Curve ζ aus, so mag unter dem *Azimut dieser Curve im Puncte* o verstanden werden das Azimut ihrer *Ausgangsrichtung*, also dasjenige, welches sich bestimmt durch eine in o an die Curve gelegte Tangente. Ebenso mag ferner unter *der nach der Curve* ζ *orientirten Gestalt* $\Phi_{o(\zeta)}$ *des Axenwerthes* jederzeit diejenige verstanden werden, welche orientirt ist nach der genannten *Ausgangsrichtung*. Somit sind z. B. jene Werthe $\Phi_{o(1)}$ und $\Phi_{o(2)}$ zu bezeichnen als diejenigen speciellen Gestalten des Axenwerthes Φ_0, *welche orientirt sind nach dem Rande der gegebenen Fläche* $\mathfrak{T}$.

Der Axenwerth Φ_0, in seiner allgemeinen vieldeutigen Form genommen, ist eine lineare Function des Azimuts:

$$\Phi_0 = C + D\varDelta.$$

Aehnlich wie also eine gerade Linie vollständig bestimmt ist durch Angabe *zweier Puncte*, ähnlich wird die allgemeine Form des Axenwerthes völlig determinirt sein durch Angabe *zweier Gestalten*, z. B. durch Angabe der beiden nach dem Rande orientirten Gestalten $\Phi_{o(1)}$ und $\Phi_{o(2)}$. In der That wird man, falls die numerischen Werthe von $\Phi_{o(1)}$ und $\Phi_{o(2)}$ gegeben sind, die numerischen Werthe der Constanten C und D sofort zu berech-

nen im Stande sein, sobald nur die Beschaffenheit der Fläche $\mathfrak{T}$ im Puncte o bekannt, und die Art und Weise, in welcher das Azimut gerechnet werden soll, festgesetzt ist.

IV. *Verallgemeinerung.* — Analoge Betrachtungen und Ausdrucksweisen ergeben sich von selber für den allgemeinern Fall, dass die Function Φ am Rande der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ nicht *einen*, sondern *beliebig viele* Axenpuncte besitzt.

Mit Rücksicht auf diese Erörterungen lassen sich nun die zuletzt (Seite 273) gefundenen Sätze, unter Beibehaltung der damaligen Bezeichnungen, mehr übersichtlich zusammenfassen, indem man sagt:

Es werde eine Function U gedacht, welche in sämmtlichen Puncten x, a der Fläche $\mathfrak{Z}'$, mit alleiniger Ausnahme der beiden Puncte o, Werthe besitzt, die dargestellt sind durch die Formeln

$$U_x = [\alpha, f]_x, \qquad \textit{für alle Puncte } x,$$
$$U_a = [\alpha, f]_a + \vartheta_a f_a + \pi f_a, \qquad \textit{auf der linken Seite von } \alpha,$$
$$U_a = [\alpha, f]_a + \vartheta_a f_a - \pi f_a, \qquad \textit{auf der rechten Seite von } \alpha;$$

und es werde ferner der Function U in jedem der Puncte o derjenige Axenwerth U_0 zuertheilt gedacht, dessen nach dem Rande von $\mathfrak{Z}'$ orientirte Gestalten $U_{0(1)}$ und $U_{0(2)}$ identisch sind mit den aus den vorstehenden Formeln im Puncte o sich ergebenden beiden Werthen von U. — Alsdann wird die in solcher Weise definirte Function U in jedem der Axenpuncte o stetig sein (vergl. die Definition, Seite 276), und zugleich die Bedingungen (Π) erfüllen auf jeder Fläche $(\mathfrak{Z}' - \mathfrak{O}_1 - \mathfrak{O}_2)$, wie klein die Radien von $\mathfrak{O}_1$ und $\mathfrak{O}_2$ auch gewählt sein mögen.

§ 3. Die charakteristischen Bedingungen (*Π*) und (*P*).

Das Eigenthümliche im Charakter der eben besprochenen Function U findet sich, nur in grösserer Allgemeinheit, wieder, wenn eine Function gedacht wird, die mit Bezug auf eine beliebig gegebene Fläche $\mathfrak{T}$ folgende Bedingungen erfüllen soll.

(*P*) . . . *Es wird verlangt, dass die Function in Erstreckung der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$, mit Ausnahme einzelner am Rande von $\mathfrak{T}$ befindlicher Axenpuncte, überall eindeutig ist.*

Ferner wird verlangt, dass die Function in jedem solchen Axenpunct stetig ist, (vergl. die Definition, Seite 276).

Denkt man sich endlich durch Kreislinien, welche mit beliebig kleinen Radien um die Axenpuncte beschrieben sind, kleine mit diesen Puncten behaftete Flächentheile $\mathfrak{D}$ von der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ abgesondert, so wird verlangt, dass die Function auf der übrig bleibenden Fläche $(\mathfrak{T} - \Sigma\mathfrak{D})$ die Bedingungen (Π) erfüllt, wie klein jene Radien auch gewählt sein mögen.

Ist Y irgend eine Function, welche auf der Fläche $\mathfrak{T}$ diese Bedingungen (P) erfüllt, und bezeichnet man die einzelnen Axenpuncte von Y mit o', o'', ..., ferner die zugehörigen Axenwerthe mit

$$C' + D'\Delta, \quad C'' + D''\Delta, \; \ldots.,$$

so erkennt man leicht, dass jene Function Y auf der Fläche $\mathfrak{T}$ nicht nur die Bedingungen (P), sondern geradezu auch die *früheren Bedingungen* (Π) erfüllen wird, sobald sich nur nachweisen lässt, dass die Constanten D', D'', ... sämmtlich Null sind. Hieraus folgt, *dass die Bedingungen (P) die allgemeinern, die Bedingungen (Π) die speciellern sind, dass nämlich die (P) durch Hinzunahme gewisser Nebenbedingungen übergehen in die (Π).*

Kaum bedarf es wohl der Bemerkung, *dass die zu Ende des vorhergehenden § (Seite 273 und 278) untersuchte Function U gegenwärtig kurzweg charakterisirt werden kann als eine Fnnction, welche auf der Fläche $\mathfrak{Z}'$ die Bedingungen (P) in vollkommener Weise erfüllt, und behaftet ist mit zwei am Rande von $\mathfrak{Z}'$ befindlichen Axenpuncten o_1 und o_2.*

- - -

Es mögen nun die allgemeinen Eigenschaften derjenigen Functionen untersucht werden, welche die Bedingungen (P) erfüllen auf einer *gegebenen* endlichen oder unendlichen, von beliebig vielen Elementarcurven begrenzten Fläche $\mathfrak{T}$.

1. Es sei Y irgend eine solche Function; und mit Bezug auf sie seien sämmtliche Puncte der Fläche $\mathfrak{T}$ in zwei Kategorien versetzt, in die der *Axenpuncte* von Y, und in die der *Eindeutigkeitspuncte* von Y.

Ist o irgend einer von jenen Axenpuncten, und versteht man

unter ζ eine auf der Fläche $\mathfrak{T}$ fortlaufende ungeschlossene Elementarcurve, welche im Puncte o ihr Ende erreicht, mit Ausnahme dieses Punctes aber nur aus Eindeutigkeitspuncten besteht, so wird die Function Y *gleichmässig stetig sein in ganzer Erstreckung der Curve* ζ, sobald man nur dem vieldeutigen Axenwerth Y_0 diejenige specielle Gestalt $Y_{0(\zeta)}$ zuertheilt, welche orientirt ist nach der Curve ζ. Zu bemerken ist, dass dieser Satz gültig bleibt, einerlei ob die Curve ζ aus dem *Innern* der Fläche nach o läuft, oder ob sie nach o geht fortschreitend längs des Randes der Fläche, immer natürlich vorausgesetzt, dass sie der genannten Anforderung entspricht, dass sie also, mit Ausnahme ihres Endpunctes o, aus lauter Eindeutigkeitspuncten besteht.

Offenbar existiren unendlich viele nach o laufende Curven ζ, welche dieser Anforderung Genüge leisten. Die *Stetigkeit* als massgebend betrachtet, wird *jede Curve* ζ *im Puncte* o *einen bestimmten Werth von* Y *erzeugen*; denn bei jeder solchen Curve ζ bietet sich (wie aus dem genannten Satze folgt) im Endpunct o ein bestimmter Werth von Y dar, welcher zu den übrigen auf ζ vorhandenen Werthen von Y in *stetigem* Anschluss steht, und welcher überdiess (wie ebenfalls jener Satz besagt) identisch ist mit der nach ζ orientirten Gestalt des in o vorhandenen Axenwerthes.

Alle diese durch die verschiedenen Curven ζ im Puncte o erzeugten Werthe von Y werden, weil o ein Randpunct ist, als *Randwerthe* zu bezeichnen sein. Zweckmässig erscheint es nun aber, die unendliche Anzahl der in solcher Weise für den *einen* Punct o sich ergebenden Randwerthe in zwei Kategorien zu sondern, indem man jeden solchen Werth, jenachdem die ihn erzeugende Curve ζ den Rand der gegebenen Fläche im Puncte o *tangirt* oder *nicht tangirt*, als einen *parabatischen* oder *katabatischen Randwerth* bezeichnet.

Vom Axenpunct o aus mögen zwei Strahlen gezogen werden, bezeichnet mit 1, 2; und zwar seien 1 und 2 die Schenkel des in o von der Fläche $\mathfrak{T}$ erfüllten, mit π_0 zu bezeichnenden Winkels. Ferner werde mit Bezug auf irgend eine jener (in o endigenden) Curven ζ noch ein dritter Strahl gezogen; ein Strahl, welcher von o nach dem *unendlich nahen* Puncte c der Curve ζ hinläuft, und über c hinaus weiter fortgeht, welcher also die Curve ζ in o tangirt und bezeichnet werden mag mit oc. Sind Δ_1, Δ_2 die Azimute der Strahlen 1, 2, und bezeichnet man den

in o vorhandenen Axenwerth der Function Y, seiner allgemeinen Form nach, mit

$$Y_o = C + D\varDelta,$$

wo C, D irgend welche Constanten sind, so werden

$$Y_{o(1)} = C + D\varDelta_1,$$
$$Y_{o(2)} = C + D\varDelta_2$$

diejenigen speciellen Gestalten dieses Axenwerthes sein, welche orientirt sind nach dem Rande der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$. Ist andererseits $\varDelta_\zeta$ das Azimut der Curve ζ oder (was dasselbe ist) das Azimut der vorhin construirten Tangente oc, so wird

$$Y_{o(\zeta)} = C + D\varDelta_\zeta$$

diejenige specielle Gestalt des Axenwerthes Y_o repräsentiren, welche orientirt ist nach der Curve ζ, mithin zugleich auch denjenigen Werth der Function Y repräsentiren, *welchen diese Curve in o erzeugt*. Folglich wird der genannte Ausdruck $C + D\varDelta_\zeta$ ein *parabatischer* oder *katabatischer Randwerth* zu nennen sein, jenachdem das Azimut $\varDelta_\zeta$ seiner Grösse nach in einen *Begrenzungs*punct oder in einen *innern* Punct des Intervalles

$$\varDelta_1 \text{———} \varDelta_2$$

fällt. In dem betrachteten Puncte o werden mithin nur *zwei* parabatische Randwerthe vorhanden sein, dargestellt durch

$$Y_{o(1)} = C + D\varDelta_1 \quad \text{und} \quad Y_{o(2)} = C + D\varDelta_2;$$

hingegen werden daselbst *unendlich viele* katabatische Randwerthe vorhanden sein, ihrer Grösse nach dargestellt durch all diejenigen Werthe, welche sich befinden *innerhalb* des Intervalles:

$$Y_{o(1)} \text{———} Y_{o(2)}.$$

Analoges gilt offenbar auch für solche Curven ζ, welche ihr Ende erreichen nicht im Axenpuncte o, sondern vielmehr in irgend einem am Rande gelegenen *Eindeutigkeitspunct e*, nur mit dem Unterschiede, dass in diesem Fall der in e sich ergebende Randwerth von den Curven ζ unabhängig, nämlich immer ein und derselbe ist. *Dieser in irgend einem Eindeutigkeitspunct vorhandene Randwerth mag in Zukunft beständig als ein parabatischer Randwerth* (niemals als ein katabatischer) *bezeichnet*

werden; obwohl er strenge genommen auf den einen Namen ebenso viel Anrecht wie auf den andern haben würde.

Sämmtliche Randpuncte der Fläche $\mathfrak{T}$ (seien sie nun Axenpuncte oder Eindeutigkeitspuncte) mögen zusammengenommen bezeichnet werden mit s, und sämmtliche Werthe, respective Werthgestalten, welche die Function Y in diesen Puncten s besitzt, bezeichnet werden mit Y_s. In engerem Sinne hingegen sollen gebraucht werden die Bezeichnungen Y_{ss} und Y_{is}. Es mögen nämlich unter Y_{ss} nur diejenigen der Randwerthe Y_s verstanden werden, welche *parabatisch* sind, andererseits mit Y_{is} nur diejenigen der Randwerthe Y_s bezeichnet werden, welche *katabatisch* sind.

II. *Erfüllt eine Function Y auf der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen* (P), *so werden ihre parabatischen Randwerthe zusammengenommen ein System bilden, welches auf dem Rande, mit Ausnahme einzelner in den Axenpuncten vorhandener Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig ist.*

Ist z. B. x irgend eine unter denjenigen Curven, aus welchen der Rand von $\mathfrak{T}$ besteht, und befinden sich auf x nur *zwei* Axenpuncte p und q, durch welche x in zwei Theile α und β zerlegt wird, und bezeichnet man, mit Ausschliessung von p und q, alle übrigen zu α und β gehörigen Puncte respective mit a und b, so werden sämmtliche auf der Curve x vorhandenen *parabatischen* Randwerthe repräsentirt sein durch die beiden Werthsysteme:

$$Y_{p(\alpha)} \;\cdots\cdots\; Y_a \;\cdots\cdots\; Y_{q(\alpha)},$$

und

$$Y_{p(\beta)} \;\cdots\cdots\; Y_b \;\cdots\cdots\; Y_{q(\beta)}.$$

Das erstere von diesen Systemen ist eindeutig und gleichmässig stetig in ganzer Erstreckung von α; ebenso das zweite eindeutig und gleichmässig stetig in ganzer Erstreckung von β. — Beide Systeme sind aber in p und q von einander *getrennt durch zwei Stufen*, deren Grössen repräsentirt sind durch die Intervalle

$$Y_{p(\alpha)} \text{———} Y_{p(\beta)} \quad \text{und} \quad Y_{q(\alpha)} \text{———} Y_{q(\beta)}.$$

Aus diesem Satze fliesst sofort folgender.

III. *Erfüllt eine Function Y auf der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen* (P), *so wird unter ihren parabatischen Randwerthen nothwendig einer vorhanden sein, welcher der grösste, ein anderer, welcher der kleinste ist.*



Bezeichnet man diese beiden respective mit G und K, so wird jedweder *katabatische Randwerth* nothwendig $< G$, und $> K$ sein.

IV. Eine Function Y erfülle die Bedingungen (P) auf der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$; ferner sei o einer ihrer Axenpuncte; und gleichzeitig mögen die beiden in o vorhandenen parabatischen Randwerthe, d. i. die nach dem Rande orientirten Gestalten des in o vorhandenen Axenwerthes bezeichnet sein mit $Y_{o(1)}$ und $Y_{o(2)}$, und zwar in solcher Weise, dass $Y_{o(1)} < Y_{o(2)}$ ist. — Alsdann wird sich, wie klein ein gegebenes ε auch sein mag *), jederzeit um o eine Kreisfläche beschreiben lassen von solcher Kleinheit, dass alle auf dieser Fläche vorhandenen *eindeutigen* Werthe von Y sich befinden *innerhalb* des Intervalls

$$(Y_{o(1)} - \varepsilon) \text{———} (Y_{o(2)} + \varepsilon).$$

Mit Hülfe dieses Satzes gelangt man, und zwar vermittelst einer von mir in den Mathematischen Annalen (Bd. III. Seite 345) explicirten Methode, zu folgendem Resultat von hervorragender Wichtigkeit:

V. *Ist Y irgend eine auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (P) erfüllende Function, so sind, falls unter ihren parabatischen Randwerthen der grösste mit G, der kleinste mit K bezeichnet wird, immer nur zwei Fälle möglich. Entweder, die Function Y ist eine Constante, mithin überall $= G = K$. Oder, es finden die Relationen statt:*

$$K < Y_i < G,$$
$$K < Y_{is} < G,$$
$$K \leqq Y_{ss} \leqq G,$$

die erstere gültig für jedweden Werth Y_i, der innerhalb $\mathfrak{T}$ liegt, die beiden letztern gültig respective für jeden katabatischen Randwerth Y_{is} und für jeden parabatischen Randwerth Y_{ss}.

Leicht ergeben sich nunmehr die beiden folgenden Sätze.

VI. Erfüllt eine Function Y auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (P), und sind die parabatischen Randwerthe von Y constant, etwa sämmtlich $= C$, so wird Y den Werth C besitzen in ganzer Erstreckung von $\mathfrak{T}$.

VII. Ist von zwei Functionen bekannt, dass beide auf der

*) Unter ε soll durchweg eine *positive* Grösse verstanden werden.

gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (P) erfüllen, und dass beide *dieselben* parabatischen Randwerthe (mithin auch dieselben Axenpuncte) besitzen, so wird jedesmal die eine Function *identisch* sein mit der andern. — Mit andern Worten: *Es kann immer nur höchstens eine Function existiren, welche auf der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (P) erfüllt, und ausserdem vorgeschriebene parabatische Randwerthe besitzt.*

Eine die Bedingungen (P) auf der Fläche $\mathfrak{T}$ erfüllende Function Y wird nothwendiger Weise parabatische Randwerthe haben, *welche, mit etwaiger Ausnahme einzelner Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig sind* (II. Satz). — Es mögen nun unter f *irgend welche* am Rande von $\mathfrak{T}$ gegebene Werthe verstanden werden die den eben genannten Charakter besitzen, sonst aber beliebig gewählt sind. Es kann alsdann, wie eben constatirt wurde, nur *eine einzige* auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (P) erfüllende Function Y existiren, deren parabatische Randwerthe mit jenen gegebenen Werthen f identisch sind. Diese Function — ob sie wirklich existirt, bleibt allerdings dahingestellt — mag bezeichnet werden mit

$$Y^{\sigma,f},$$

wo σ das Domicil der gegebenen f, nämlich den Rand der Fläche $\mathfrak{T}$ andeuten soll. Hieraus folgt z. B., wenn man die Werthe f sämmtlich gleich gross, etwa alle $= C$ sich denkt, dass unter dem Symbol $Y^{\sigma,C}$ eine Function zu verstehen sein wird, die ebenfalls überall $= C$ ist in ganzer Erstreckung der Fläche $\mathfrak{T}$.

Denkt man sich, während die ursprünglich gegebenen Werthe f ungeändert dieselben bleiben sollen, den Rand σ in irgend zwei Theile α und β zerlegt (jeder Theil bestehend aus beliebig vielen einzelnen Stücken) so soll unter

$$Y^{\alpha,f}$$

diejenige auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (P) erfüllende Function verstanden werden, deren parabatische Randwerthe in Erstreckung von α identisch mit jenen f, in Erstreckung von β hingegen identisch mit *Null* sind; — wobei allerdings wieder fraglich bleibt, ob eine solche Function wirklich existiren wird. Mit Bezug auf diese letztere Function mag übrigens die Abkürzung eingeführt werden

$$Y^{\alpha,1} = Y^{\alpha},$$



welche zur Geltung kommen wird, sobald die gegebenen f auf α überall gleich 1 sind. Führt man in analoger Weise die Abkürzung ein

$$Y^{\sigma,1} = Y^{\sigma},$$

so wird offenbar die in solcher Weise bezeichnete Function Y^{σ} identisch sein mit 1 in ganzer Erstreckung der Fläche $\mathfrak{T}$.

VIII. Bezeichnet man bei einer Function $Y^{\sigma,f}$ den grössten ihrer parabatischen Randwerthe f mit G, den kleinsten derselben mit K, so sind (Satz V.) nur zwei Fälle möglich. *Entweder* die Function ist eine Constante, mithin überall $= G = K$. Oder es finden die Formeln statt:

$$K < Y_i^{\sigma,f} < G,$$

$$K < Y_{is}^{\sigma,f} < G,$$

$$K \leqq Y_{ss}^{\sigma,f} \leqq G.$$

IX. Es sei α irgend ein (aus beliebig vielen Stücken bestehender) Theil des Randes von $\mathfrak{T}$, und o irgend einer unter den Endpuncten von α. Ferner sei ζ irgend eine auf der Fläche $\mathfrak{T}$ beliebig gezogene Curve, welche in o endigt, *sonst aber nirgends mit α zusammentrifft*. Sämmtliche Puncte der Curve ζ, mit Einschluss des Endpunctes o, mögen genannt werden c.

Es werde nun betrachtet die Function:

$$Y^{\alpha}.$$

Dieselbe ist im Puncte o mit einem Axenwerth behaftet, dessen allgemeine Form lautet:

$$Y_o^{\alpha} = 1 - \frac{\varDelta}{\pi_o},$$

falls man nämlich zum Azimut $\varDelta$ irgend eines Strahles denjenigen Winkel nimmt, unter welchem derselbe geneigt ist gegen die *linke*, d. i. gegen die der Fläche $\mathfrak{T}$ *zugewandte*, Seite von α, und falls man andrerseits unter π_o das Winkelmass von $\mathfrak{T}$ in o versteht. Ist mithin Θ der Winkel, unter welchem die Curve ζ im Puncte o gegen die *linke* Seite von α geneigt ist, so wird die nach ζ orientirte Gestalt dieses Axenwerthes lauten:

$$Y_{o(\zeta)}^{\alpha} = 1 - \frac{\Theta}{\pi_o}.$$

Werden nun sämmtliche Werthe gebildet, welche die Function

Y^α auf der Curve ζ besitzt, und setzt man fest, dass dabei im Endpunct o die eben genannte specielle Werthgestalt, *und nur diese allein*, genommen werden solle, so wird man (Satz I, Seite 279) ein Werthsystem erhalten, welches *eindeutig und gleichmässig stetig ist in ganzer Erstreckung der Curve* ζ. Die in diesem System enthaltenen Werthe mögen in Zukunft genannt werden *die parabatischen Werthe der Function* Y^α *für die Curve* ζ, und bezeichnet werden nicht mehr mit Y^α_c sondern vielmehr mit Y^α_{cc}. Während also unter Y^α_c *sämmtliche* Werthe zu verstehen sind, welche die betrachtete Function auf ζ besitzt, mitinbegriffen die unendlich vielen im Puncte o vorhandenen Werthgestalten, wird unter Y^α_{cc} ein Werthsystem zu verstehen sein, bei welchem jene unendlich vielen Gestalten reducirt sind auf eine einzige völlig bestimmte Gestalt, nämlich auf die nach ζ orientirte, oder (was dasselbe ist) auf diejenige, welche den übrigen auf ζ vorhandenen Werthen in stetiger Weise sich anschliesst.

Diese Werthe Y^α_{cc}, welche eindeutig und gleichmässig stetig sind in ganzer Erstreckung der Curve ζ, besitzen nun, was ihre numerischen Grössen anbelangt, wichtige Eigenthümlichkeiten, welche verschieden sind je nach der Grösse des Winkels Θ. Der Winkel Θ liegt beständig in Erstreckung des Intervalls $0 \text{———} \pi_0$. .

Ist nun $\Theta > 0$, *so sind die* Y^α_{cc} *durchweg* < 1,

ist ferner $\Theta < \pi_0$, *so sind die* Y^α_{cc} *durchweg* > 0.

Ausserdem ist zu bemerken, dass diese Werthe Y^α_{cc} in jedem der beiden Fälle, überhaupt unter allen Umständen, aus lauter *positiven* Grössen bestehen.

§ 4. Zusammenfügung mehrerer Functionen vom Charakter (Π) oder (P).

Sind in der Ebene irgend zwei Functionen Φ und Ψ gegeben, so versteht man unter $\Phi + \Psi$ nicht die Summe zweier *beliebiger*, sondern jederzeit die Summe zweier *zusammengehöriger* Werthe, d. i. die Summe zweier Werthe, welche die Functionen besitzen, in *ein und demselben* Punct. Dieser Ge-



brauch nun mag bei den hier betrachteten Functionen Y, welche auf einer gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (P) erfüllen, noch eine gewisse Erweiterung erfahren. Sind nämlich Y' und Y'' irgend zwei solche Functionen, so soll unter $Y' + Y''$ die Summe zweier Werthe verstanden werden, welche vorhanden sind in *ein und demselben* Punct, und welche gleichzeitig auch, falls dieser Punct für beide Functionen ein Axenpunct ist, orientirt sind nach *ein und derselben* Richtung.

Nehmen wir, um allgemeiner zu verfahren, bei der Addition von Y' und Y'' noch irgend zwei constante Coefficienten h' und h'' hinzu, so wird das entstehende Aggregat

$$Y = h'Y' + h''Y''$$

im Puncte o den Werth haben:

$$Y_0 = h'Y'_o + h''Y''_o.$$

Nun sei o ein Axenpunct für Y', und ebenso auch für Y''. Alsdann wird

$$Y'_o = C' + D'\varDelta,$$
$$Y''_o = C'' + D''\varDelta,$$

wo C', D', C'', D'' irgend welche Constante sind, und wo, zufolge der eben getroffenen Festsetzung, in beiden Formeln *ein und dasselbe* Azimut $\varDelta$ zu denken ist. Alsdann ergiebt sich sofort:

$$Y_0 = (h'C' + h''C'') + (h'D' + h''D'')\varDelta;$$

woraus folgt, dass das *Aggregat* Y im Puncte o im Allgemeinen ebenfalls einen Axenpunct besitzt.

Die hingestellten Formeln finden übrigens nicht nur dann ihre Anwendung, wenn o ein Axenpunct für *beide* Functionen Y' und Y'' ist, sondern ebenso gut auch dann, wenn o nur für Y' ein Axenpunct, für Y'' hingegen ein Eindeutigkeitspunct ist; nur mit der Aenderung, dass in solchem Falle die Constante $D'' = 0$ sein wird. — Ebenso finden endlich jene Formeln auch dann ihre Anwendung, wenn o für *beide* Functionen Y' und Y'' ein Eindeutigkeitspunct ist; alsdann wird $D' = 0$ und $D'' = 0$ sein.

In jedem dieser Fälle wird die Beantwortung der Frage, ob der Punct o für das gebildete *Aggregat* Y ein Axenpunct oder

Eindeutigkeitspunct ist, lediglich abhängen von der Beschaffenheit des Ausdruckes

$$h'D' + h''D'',$$

nämlich davon abhängen, ob dieser Ausdruck von 0 verschieden, oder gleich 0 ist.

Hält man fest an der getroffenen Convention, dass bei Betrachtung *mehrerer* Functionen Y immer nur solche Axenwerthe mit einander zusammengefügt oder überhaupt mit einander in Vergleich gebracht werden sollen, welche *ein und dieselbe Orientirung* besitzen, so gelangt man zu folgenden Sätzen.

X. Sind Y', Y'', ... beliebig viele Functionen, von denen jede die Bedingungen (P) auf der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ erfüllt, so gilt Gleiches auch von dem Aggregat:

$$Y = h'Y' + h''Y'' + \ldots\ldots,$$

falls man nämlich unter h', h'', ... irgend welche constante Coefficienten versteht.

XI. Bezeichnet man mit f beliebig gegebene Werthe, welche auf dem Rande σ der Fläche $\mathfrak{T}$, mit etwaiger Ausnahme einzelner Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig sind, und denkt man sich den Rand σ in irgend welche Theile α', α'', ... zerlegt, so findet die Identität statt:

$$Y^{\sigma, f} = Y^{\alpha', f} + Y^{\alpha'', f} + \ldots\ldots\ldots,$$

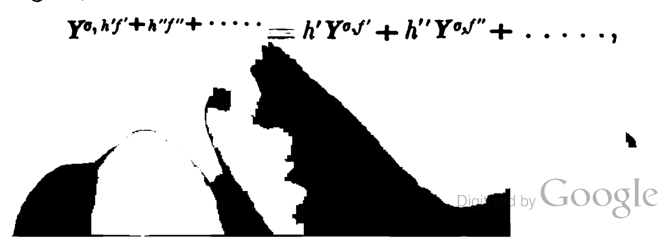
eine Identität, welche für den Specialfall $f = 1$ sich in folgende verwandelt:

$$Y^{\sigma} \equiv Y^{\alpha'} + Y^{\alpha''} + \ldots\ldots\ldots,$$

wobei zu bemerken ist, dass $Y^{\sigma} = 1$ ist (Satz VII, Seite 283). Identitäten sind diese Formeln genannt, um anzudeuten, dass sie stattfinden für *sämmtliche zur gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ gehörigen Werthe* der betrachteten Functionen, sowohl für alle innern Werthe, als auch für alle katabatischen und parabatischen Randwerthe.

Sind ferner f', f'', ... irgend welche Werthsysteme, von denen jedes für sich betrachtet auf dem Rande σ, mit etwaiger Ausnahme einzelner Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig ist, so findet die Identität statt:

$$Y^{\sigma, h'f' + h''f'' + \ldots\ldots} = h'Y^{\sigma, f'} + h''Y^{\sigma, f''} + \ldots\ldots,$$



vorausgesetzt, dass $h', h'', \ldots\ldots$ irgend welche Constanten sind.

XII. Versteht man unter α irgend einen (aus beliebig vielen Stücken bestehenden) Theil des Randes σ, ferner unter f ein auf α gegebenes Werthsystem, welches daselbst, mit etwaiger Ausnahme einzelner Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig ist, und bezeichnet man endlich mit G und K den grössten und kleinsten unter denjenigen Werthen, *welche f auf α besitzt*, so finden die Formeln statt:

$$KY_i^\alpha < Y_i^{\alpha,f} < GY_i^\alpha \,,$$

$$KY_{is}^\alpha < Y_{is}^{\alpha,f} < GY_{is}^\alpha \,,$$

$$KY_{ss}^\alpha \leqq Y_{ss}^{\alpha,f} \leqq GY_{ss}^\alpha \,,$$

Die erste gilt für jedweden Punct i, der *innerhalb* $\mathfrak{T}$ liegt, die beiden letzten sind gültig für jedweden Punct s, der am *Rande* von $\mathfrak{T}$ sich befindet, nämlich die eine gültig für alle katabatischen, die andere für alle parabatischen Randwerthe.

Repräsentirt M das absolute Maximum aller *auf α vorhandenen* Werthe f, so ergiebt sich aus diesen Formeln sofort:

$$abs\ Y_i^{\alpha,f} < MY_i^\alpha \,,$$

$$abs\ Y_{is}^{\alpha,f} < MY_{is}^\alpha \,,$$

$$abs\ Y_{ss}^{\alpha,f} \leqq MY_{ss}^\alpha \,.$$

Denn es ist zu beachten, dass die Werthe der Function Y^α *innerhalb* $\mathfrak{T}$, ebenso wie ihre katabatischen und parabatischen *Rand*werthe, durchweg positiv sind, (Satz VIII, Seite 285).

Ob die in diesen Sätzen X, XI, XII besprochenen Functionen Y, falls $\mathfrak{T}$, σ, α, α', α'' . . . ebenso f, f', f'', . . . beliebig gegeben sind, jedesmal wirklich existiren, bleibt vorläufig dahingestellt. Die Sätze besagen also nur, dass *wenn* jene Functionen existiren, jederzeit auch die ausgesprochenen Beziehungen und Eigenschaften stattfinden werden.

Die Bezeichnungen „*parabatisch*" und „*katabatisch*" (Seite 280 u. 286) finden ihre Berechtigung, wenn man die gegebene Fläche als eine vom Meer umflossene Insel betrachtet, und die auf der Fläche gezogenen Curven als Flüsse oder Canäle sich vorstellt.



§ 5. Die Probleme (*Π*) und (*P*), Reduction des letztern auf das erstere.

Es sei wiederum $\mathfrak{T}$ eine endliche oder unendliche, von beliebig vielen Elementarcurven begrenzte Fläche. Das zu Anfang meiner »*ersten Mittheilung*« genannte Problem, von unmittelbarer Wichtigkeit für die Theorie der conformen Abbildung sowie für die Theorie der Wärmevertheilung, kann in mehr allgemeiner und zugleich auch strengerer Fassung so ausgesprochen werden:

Problem (*Π*). *Der Rand von $\mathfrak{T}$ ist bedeckt mit beliebig gegebenen Werthen, welche auf jenem Rande überall eindeutig und gleichmässig stetig sind. — Gesucht wird eine Function, welche auf der Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen* (*Π*) *erfüllt, und deren Randwerthe mit jenen vorgeschriebenen Werthen identisch sind.*

Für die hier zu unternehmende Behandlung dieses Problems ist es nothwendig, ein complicirteres Problem mit in Betracht zu ziehen, nämlich dasjenige, welches den Bedingungen (*P*) in derselben Weise entspricht, wie jenes den Bedingungen (*Π*). Dasselbe lautet demnach:

Problem (*P*). *Der Rand von $\mathfrak{T}$ ist bedeckt mit beliebig gegebenen Werthen, welche auf jenem Rande, mit Ausnahme einzelner Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig sind. — Gesucht wird eine Function, welche auf der Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen* (*P*) *erfüllt, und deren parabatische Randwerthe mit jenen vorgeschriebenen Werthen identisch sind.*

Die Bedingungen (*P*) sind, wie vorhin erörtert wurde, die *allgemeinern*, die Bedingungen (*Π*) die *speciellern*; in gleicher Beziehung stehen daher auch die beiden Probleme zu einander. Das allgemeinere Problem (*P*) lässt, wie aus unsern Betrachtungen (Satz VII, Seite 283) hervorgeht, immer nur höchstens *eine* Lösung zu; gleiches gilt mithin auch von dem specielleren Probleme (*Π*).

Das Problem (*P*) lässt sich, wie sofort ersichtlich, reduciren auf folgende

Einfachere Aufgabe. Auf irgend einer Randcurve von $\mathfrak{T}$ ist ein Segment α abgegrenzt mit den Endpuncten p, q. Der übrige Theil dieser Curve und alle übrigen Randcurven der Fläche $\mathfrak{T}$ sind zusammengenommen bezeichnet mit β. Dementsprechend sind die zu α gehörigen Puncte mit a, die zu β gehörigen Puncte mit b, endlich alle Puncte a und b zusammenge-



nommen mit s benannt. — Gesucht wird eine auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (Π) erfüllende Function Y, deren parabatische Randwerthe *gegeben* sind, und zwar *auf α in beliebiger, jedoch eindeutiger und gleichmässig stetiger Weise*, andererseits *auf β als identisch mit Null.*

Die vorhandenen Data zusammengestellt, haben wir einerseits auf α:

$$Y_{p(\alpha)} = f_p, \; \ldots\ldots \; Y_a = f_a, \; \ldots\ldots \; Y_{q(\alpha)} = f_q,$$

wo die f *gegebene Werthe* repräsentiren, die auf α eindeutig und gleichmässig stetig sind, andererseits auf β:

$$Y_{p(\beta)} = 0, \; \ldots\ldots \; Y_b = 0, \; \ldots\ldots \; Y_{q(\beta)} = 0.$$

Die in p und q gegebenen Stufen sind mithin dargestellt durch die Differenzen $f_p - 0$ und $f_q - 0$, d. i. durch f_p und f_q. Diese *in völlig bestimmter Weise gegebenen* parabatischen Randwerthe der zu suchenden Function Y mögen hinfort in ihrer Gesammtheit bezeichnet werden mit Y_{ss}; (vergl. Seite 282).

Mit Hülfe unserer früheren Betrachtungen über das *Moment* einer gegebenen Curvenbelegung lässt sich nun leicht eine Function bilden, welche auf $\mathfrak{T}$ ebenfalls die Bedingungen (P) erfüllt, und deren parabatische Randwerthe ebenfalls nur *zwei* Stufen, und zwar der Lage und Grösse nach *genau dieselben* Stufen besitzen, wie die gesuchte Function Y.

Zu diesem Ende mag die ungeschlossene Elementarcurve α (nämlich das gegebene Randsegment α) mit irgend welchen Werthen u belegt gedacht werden, welche auf α eindeutig und gleichmässig stetig sind, im Uebrigen aber noch disponibel bleiben sollen. Mit Zugrundelegung dieser Function u mag nun diejenige [schon früher (Seite 278 u. 279) besprochene] Function U gebildet werden, welche für alle *ausserhalb* α befindlichen Puncte x die Werthe hat:

$$U_x = [\alpha, u]_x,$$

welche ferner, mit Ausschliessung von p und q, für alle *auf* α befindlichen Puncte a definirt ist durch:

$$U_a = [\alpha, u]_a + \vartheta_a u_a + \pi u_a \quad \text{auf der linken Seite von } \alpha,$$
$$U_a = [\alpha, u]_a + \vartheta_a u_a - \pi u_a \quad \text{auf der rechten Seite von } \alpha,$$

und welche endlich in p und q die durch diese Formeln bereits völlig determinirten Axenwerthe besitzt. Dabei mag als *linke*

Seite von α diejenige betrachtet werden, welche der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ *zu*gewendet ist, so dass also z. B. ϑ_a das supplementare Winkelmass der Fläche $\mathfrak{T}$ im Puncte a repräsentirt. — Aus den früher angestellten Untersuchungen ist bekannt, dass diese Function U die Bedingungen (P) erfüllt auf $\mathfrak{Z}'$, unter $\mathfrak{Z}'$ diejenige Fläche verstanden, in welche die ganze unendliche Ebene sich verwandelt durch einen längs α ausgeführten Schnitt, ferner bekannt, dass die Function U am Rande von $\mathfrak{Z}'$ nur zwei Axenpuncte besitzt, in p und q, und dass ihre parabatischen Werthe am Rande von $\mathfrak{Z}'$, mit Ausnahme zweier in p und q vorhandener Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig sind, (vergl. Seite 278 und 279). Hieraus folgt nun sofort, dass U die Bedingungen (P) auch erfüllt auf der Fläche $\mathfrak{T}$ (denn $\mathfrak{T}$ ist ein Theil von $\mathfrak{Z}'$), und sodann weiter (durch Zuziehung des Satzes II, Seite 282), dass die parabatischen Werthe von *U am Rande der Fläche* $\mathfrak{T}$ ebenfalls, mit alleiniger Ausnahme zweier in p und q vorhandener Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig sind. Auch lassen sich die Grössen dieser Stufen sofort angeben; denn aus den zur Definition von U hingestellten Formeln ergiebt sich augenblicklich:

$$U_{p(\alpha)} = [\alpha, u]_p + \pi u_p, \qquad U_{q(\alpha)} = [\alpha, u]_q + \pi u_q,$$
$$U_{p(\beta)} = [\alpha, u]_p + (\pi - \pi_p) u_p, \quad U_{q(\beta)} = [\alpha, u]_q + (\pi - \pi_q) u_q,$$

wo π_p und π_q die Winkelmasse der Fläche $\mathfrak{T}$ in p und q sind. Hieraus aber ergeben sich für die fraglichen Stufen sofort folgende Bestimmungen:

$$U_{p(\alpha)} - U_{p(\beta)} = \pi_p u_p, \qquad U_{q(\alpha)} - U_{q(\beta)} = \pi_q u_q,$$

Offenbar nun können diese Stufen, welche mit Bezug auf die gegebene Fläche $\mathfrak{T}$ die parabatischen Randwerthe von U besitzen, ohne Mühe identisch gemacht werden mit denjenigen, welche die parabatischen Randwerthe der zu ermittelnden Function Y besitzen sollen, nämlich identisch gemacht werden mit

$$f_p - 0 \qquad \text{und} \qquad f_q - 0.$$

In der That wird eine solche Identificirung erreicht werden, sobald man der noch disponiblen Function u in p und q die Werthe beilegt:

$$u_p = \frac{f_p}{\pi_p}, \qquad u_q = \frac{f_q}{\pi_q},$$

im Uebrigen aber u *ad libitum* festsetzt, natürlich mit Einhaltung der von Hause aus gestellten Bestimmung, dass u in Erstreckung von α überall eindeutig und gleichmässig stetig sein soll. Solches festgesetzt, sind nunmehr u und U als wirklich construirte, mithin bekannte Functionen anzusehen.

Es werde jetzt die Differenz gebildet der bekannten parabatischen Randwerthe von U und der ebenfalls bekannten (nämlich vorgeschriebenen) parabatischen Randwerthe von Y. Die so entstehenden Werthe

$$Y_{ss} - U_{ss}$$

sind alsdann *vollständig bekannt*, und ausserdem auch auf dem Rande von $\mathfrak{T}$ *überall eindeutig und gleichmässig stetig*, weil bei der ausgeführten Subtraction die vorhin besprochenen unter einander identischen Stufen von Y und U sich aufheben.

Machen wir nun die Voraussetzung, es wäre mit Bezug auf die gegebene Fläche $\mathfrak{T}$ irgend welche Methode bekannt zur Lösung des Problemes (Π), so wird sich durch Anwendung dieser Methode eine Function V z. B. ermitteln lassen, welche auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (Π) erfüllt, und deren Randwerthe identisch sind mit den *bekannten, überall eindeutigen und gleichmässig stetigen* Werthen $Y_{ss} - U_{ss}$. Diese Function V wirklich construirt gedacht, haben wir alsdann die Relation:

$$V_{ss} = Y_{ss} - U_{ss},$$

d. i. die Relation:

$$U_{ss} + V_{ss} = Y_{ss},$$

wo die Randwerthe von V ebenfalls, der Symmetrie willen, mit einem doppelten s bezeichnet sind, obwohl das einfache s schon ausreichend gewesen wäre; [denn bei einer Function, welche wie V nicht nur die Bedingungen (P), sondern auch die speciellern Bedingungen (Π) erfüllt, existiren (nach unserer Bezeichnung, S. 281) *nur* parabatische, nicht aber katabatische Randwerthe]. — Bilden wir nun die Summe der beiden construirten Functionen U und V, so wird die so entstehende Function

$$U + V,$$

ebenso wie U und V selber, die Bedingungen (P) auf der Fläche $\mathfrak{T}$ erfüllen, und gleichzeitig, wie die vorstehende Relation zeigt, parabatische Randwerthe besitzen, welche identisch sind mit

den für Y *vorgeschriebenen* Randwerthen Y_{ss}. Jene Function $U+V$ repräsentirt also geradezu die zu suchende Function Y: so dass wir unmittelbar schreiben können:

$$Y = U + V.$$

Somit sehen wir also einerseits, dass das Problem (P) reducirt werden kann auf die genannte *einfachere Aufgabe*, und andrerseits, dass diese letztere jedesmal gelöst werden kann, sobald nur irgend welche Methode bekannt ist zur Lösung des Problemes (Π); wir haben daher den wichtigen Satz:

Ist mit Bezug auf eine gegebene, endliche oder unendliche, von beliebig vielen Elementarcurven begrenzte Fläche $\mathfrak{T}$ irgend welche Methode bekannt zur Lösung des Problemes (Π), so wird durch eine geeignete Verwendung dieser Methode das allgemeinere Problem (P) für die Fläche $\mathfrak{T}$ ebenfalls lösbar sein.

Beiläufig mag, was jene *einfachere Aufgabe* betrifft, noch bemerkt werden, dass die bei Lösung dieser Aufgabe zu bestimmende Function u jedesmal $= \frac{f}{\pi_p}$ gesetzt werden kann, wenn $\pi_p = \pi_q$ ist, d. h. wenn die Fläche $\mathfrak{T}$ in p und q gleiche Winkelmasse besitzt. So wird also z. B. $u = \frac{f}{\pi}$ zu setzen sein, wenn die Fläche weder in p, noch auch in q einen Eckpunct besitzt.

§ 6. Vorläufiges über die Methoden der Combination.

Drei in der Ebene befindliche Flächen $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{T}$ können zu einander in einem solchen Abhängigkeitsverhältniss gedacht werden, dass durch Angabe der beiden ersten die dritte jedesmal mitbestimmt ist. Eine Aufgabe, die in solchem Fall sich darbietet, und hier in der That behandelt werden soll, ist folgende:

Es existirt, wird vorausgesetzt, irgend welche bekannte Methode zur Lösung des Problemes $(\mathfrak{A}, \Pi)$, und ebenso andererseits auch irgend welche bekannte Methode zur Lösung des Problemes $(\mathfrak{B}, \Pi)$. — Gesucht wird die Lösung des Problemes $(\mathfrak{T}, \Pi)$.

Da wir, zufolge der gemachten Voraussetzung, im Besitz einer Methode sind zur Lösung des Problemes $(\mathfrak{A}, \Pi)$, so sind wir *eo ipso* (vrgl. d. letzten Satz) auch im Besitz einer Methode zur Lösung





des allgemeinern Problemes (𝔄, P), und folglich im Stande, sämmtliche Functionen Y zu construiren, *die der Fläche 𝔄 zugehören.* D. h. wir werden, falls am Rande von 𝔄 irgend welche Werthe f gegeben sind, die daselbst mit etwaiger Ausnahme einzelner Stufen überall eindeutig und gleichmässig stetig sind, jederzeit diejenige auf der Fläche 𝔄 die Bedingungen (P) erfüllende Function Y zu construiren im Stande sein, deren parabatische Werthe am Rande von 𝔄 mit jenen vorgeschriebenen Werthen f identisch sind. — Aus der analogen Voraussetzung in Betreff der Fläche 𝔅 folgt ferner, dass wir auch alle diejenigen Functionen Y zu construiren im Stande sind, *welche der Fläche 𝔅 zugehören.*

Es soll nun gezeigt werden, wie man — wenigstens in gewissen näher anzugebenden Fällen — durch eine geeignete Verwendung und Combination *der zur Verfügung stehenden beiderlei Functionen* Y vordringen kann zur gesuchten Lösung des Problemes (𝔗, Π), und, solches einmal erreicht, also auch (Satz, Seite 294) vordringen kann zur Lösung des allgemeineren Problemes (𝔗, P).

Was die gegenseitige Abhängigkeit der drei Flächen 𝔄, 𝔅, 𝔗 betrifft, so werden der Reihe nach drei verschiedene Fälle in Betracht gezogen werden; je nach der Verschiedenheit der Fälle wird auch, wie wir sehen werden, das anzuwendende Verfahren ein verschiedenes sein.

§ 7. Erste Combinations-Methode.

Es sei gegeben irgend eine endliche oder unendliche Fläche 𝔗, begrenzt von beliebig vielen einander nicht berührenden Elementarcurven. Irgend eine Anzahl dieser Curven mag mit α, die noch übrig bleibende Anzahl mit β bezeichnet sein; die zum Curvencomplex α gehörigen Puncte werden alsdann sämmtlich durch irgend welche Zwischenräume getrennt sein von denen, die dem Curvencomplex β zugehörig sind. Denkt man sich die Fläche 𝔗 über die Randcurven β hinaus mehr und mehr anwachsend, so entsteht schliesslich eine Fläche, welche nur noch von den Curven α begrenzt ist; diese Fläche mag 𝔄 heissen. Mit andern Worten, unter 𝔄 soll diejenige nur von den Curven α begrenzte Fläche verstanden werden, von welcher 𝔗 ein Theil ist. Desgleichen mag andererseits unter 𝔅 eine nur von den

Curven β begrenzte Fläche verstanden werden, und zwar wiederum diejenige, von welcher $\mathfrak{T}$ ein Theil ist. — *Es handelt sich nun darum, die Lösung des Problemes* ($\mathfrak{T}$, Π) *zu finden, vorausgesetzt, dass irgend welche Methoden bekannt sind zur Lösung der Probleme* ($\mathfrak{A}$, Π) *und* ($\mathfrak{B}$, Π).

Auf dem Rande $\alpha+\beta$ der Fläche $\mathfrak{T}$ sind mithin irgend welche Werthe f gegeben zu denken, die daselbst überall eindeutig und gleichmässig stetig sind. Gesucht wird eine Function, welche auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (Π) erfüllt, und deren Werthe am Rande von $\mathfrak{T}$ mit jenen vorgeschriebenen Werthen f identisch sind. Offenbar wird die Allgemeinheit dieser Aufgabe keine Beeinträchtigung erleiden, wenn wir annehmen, dass jene f auf den Curven β überall *Null* sind; demgemäss beschränken wir uns auf die Betrachtung dieses einfacheren Falles. Der grösste und kleinste unter den auf den Curven α vorhandenen Werthen f mögen G und K heissen; so dass also die Formeln zu notiren sind:

$$(1.) \qquad K \leqq f_a \leqq G, \qquad f_b = 0,$$

wo unter a alle auf α, unter b alle auf β befindlichen Puncte zu verstehen sind.

Wir machen nun Gebrauch von den *uns zur Verfügung stehenden, den Flächen* $\mathfrak{A}$ *und* $\mathfrak{B}$ *zugehörigen Functionen* Y, und setzen:

$$\varphi = Y^{\alpha,f}, \qquad \varphi' = Y^{\beta,\varphi},$$

wo selbstverständlich das Y linker Hand der Fläche $\mathfrak{A}$, das rechter Hand der Fläche $\mathfrak{B}$ zugehören soll.

Unter $D_\alpha f$ werde verstanden die Differenz des grössten und kleinsten Werthes, welche f auf α besitzt, also die Differenz $G-K$; und zwar mag, genauer ausgedrückt, unter $D_\alpha f$ diese Differenz nicht nur ihrer *Grösse*, sondern auch ihrer *Lage* nach verstanden werden, so dass also $D_\alpha f$ aufzufassen ist als ein auf irgend welcher Axe aufgetragenes Segment, begrenzt durch diejenigen beiden Puncte, welche markirt sind durch die Abscissen K und G. In analogem Sinn mögen gebraucht werden die Symbole $D_\alpha\varphi$, $D_\beta\varphi$, ferner die Symbole $D_\alpha\varphi'$ und $D_\beta\varphi'$. — Es soll nun zunächst, was die Functionen

$$(2.) \qquad \varphi = Y^{\alpha,f} \quad \text{und} \quad \varphi' = Y^{\beta,\varphi}$$

betrifft, untersucht werden

einerseits die Beziehung zwischen $D_\beta \varphi$ und $D_\alpha f$, *andererseits die Beziehung zwischen $D_\alpha \varphi'$ und $D_\beta \varphi$.*

Aus dem Satze XII (Seite 289) folgt, weil $\mathfrak{A}$ durch ein Anwachsen von $\mathfrak{T}$ über β hinaus entstand, mithin β d. i. sämmtliche Puncte b *innerhalb* $\mathfrak{A}$ liegen, sofort:

$$KY_b^\alpha < Y_b^{\alpha,f} < GY_b^\alpha .$$

Ebenso ergiebt sich aus dem Satze VIII (S. 285):

$$K < Y_b^{\alpha,f} < G.$$

Somit erhalten wir für alle Puncte b die Relation:

$$K < \varphi_b < G, \tag{3.}$$

und sehen also hieraus, *dass die Differenz $D_\beta \varphi$, ihrer Grösse und Lage nach betrachtet, nothwendigerweise innerhalb der Differenz $D_\alpha f$ sich befindet.* Um das Grössenverhältniss zwischen diesen beiden Differenzen genauer festzustellen, bedarf es einer eingehenden Untersuchung.

Es werde eine positive Grösse ϱ bestimmt so klein, dass die Differenz der Werthe f in je zwei Puncten a, deren Entfernung von einander $\leqq \varrho$ ist, jederzeit kleiner als $\frac{G-K}{N}$ ausfällt, wo N eine beliebig gewählte positive ganze Zahl, etwa die Zahl 100 vorstellen soll. Solches ist immer ausführbar, weil f auf α gleichmässig stetig ist. Sodann werde α nach der Norm ϱ zerlegt in einzelne Segmente $\alpha', \alpha'', \ldots.$, d. h. in einzelne Segmente, deren jedes, seiner Länge nach betrachtet, $\leqq \varrho$ ist. Alsdann werden sich, den einzelnen Segmenten entsprechend, gewisse positive Constanten $g', k', g'', k'', \ldots.$ bestimmen lassen von solcher Beschaffenheit, dass einerseits die Relationen sattfinden

$$\begin{aligned} K + k' &\leqq f' \leqq G - g', \\ K + k'' &\leqq f'' \leqq G - g'', \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned} \tag{4.a}$$

die erste gültig für sämmtliche Werthe f', welche f auf α' besitzt, die zweite gültig für alle auf α'' vorhandenen Werthe f'' u. s. w., und dass andererseits

$$g' + k' = g'' + k'' = \ldots.. = \frac{(N-1)(G-K)}{N} \tag{4.b}$$

ist. Da sämmtliche Puncte b *innerhalb* $\mathfrak{A}$ liegen, so ergeben sich aus den Relationen (4.a) sofort (Satz XII, Seite 289) die Formeln:

$$(5.)\qquad \begin{aligned} &(K+k')\, Y_b^{\alpha'} < Y_b^{\alpha',f'} < (G-g')\, Y_b^{\alpha'}, \\ &(K+k'')\, Y_b^{\alpha''} < Y_b^{\alpha'',f''} < (G-g'')\, Y_b^{\alpha''}, \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{aligned}$$

gültig für jedweden der Puncte b. Dabei mag zugleich bemerkt werden, dass, ebenfalls für jedweden der Puncte b, die Gleichungen stattfinden:

$$(6.)\qquad Y_b^{\alpha'} + Y_b^{\alpha''} + \dots\dots = Y_b^{\alpha} = 1.$$

$$(7.)\qquad Y_b^{\alpha',f'} + Y_b^{\alpha'',f''} + \dots\dots = Y_b^{\alpha,f},$$

(vergl. Satz XI, Seite 288).

Die zu untersuchende Differenz $D_\beta\varphi$ lässt sich so darstellen:

$$(8.)\qquad D_\beta\varphi = \varphi_x - \varphi_y,$$

falls man nämlich unter x und y diejenigen speciellen Puncte b versteht, in denen der grösste und der kleinste der Werthe φ_b sich vorfindet. Aus der Definition von φ, und mit Benutzung von (7.) folgt:

$$\varphi_x = Y_x^{\alpha,f} = Y_x^{\alpha',f'} + Y_x^{\alpha'',f''} + \dots\dots,$$

$$\varphi_y = Y_y^{\alpha,f} = Y_y^{\alpha',f'} + Y_y^{\alpha'',f''} + \dots\dots$$

Hieraus folgt weiter durch Benutzung der Relationen (5):

$$\varphi_x < (G-g')\, Y_x^{\alpha'} + (G-g'')\, Y_x^{\alpha''} + \dots,$$

$$\varphi_y > (K+k')\, Y_y^{\alpha'} + (K+k'')\, Y_y^{\alpha''} + \dots,$$

also mit Rücksicht auf (6):

$$\varphi_x < G - (g' Y_x^{\alpha'} + g'' Y_x^{\alpha''} + \dots),$$

$$\varphi_y > K + (k' Y_y^{\alpha'} + k'' Y_y^{\alpha''} + \dots),$$

oder, indem man die einzelnen Segmente $\alpha', \alpha'', \dots$ mit ζ benennt, und ein Summationszeichen einführt:

$$\varphi_x < G - \Sigma(g Y_x^{\zeta}),$$

$$\varphi_y > K + \Sigma(k Y_y^{\zeta}).$$





Hieraus folgt durch Subtraction und mit Rücksicht auf (8) sofort:

$$(9.)\qquad D_{\beta}\varphi = \varphi_x - \varphi_y < (G - K) - \Sigma(gY_x^\zeta + kY_y^\zeta),$$

die Summation Σ hinerstreckt gedacht über sämmtliche Segmente ζ der Curven α, und über die einem jeden solchen Segment ζ zugehörigen positiven Constanten g, k; wobei zu bemerken ist, dass jedes solches Constantenpaar g, k [nach (4.b)] die Gleichung erfüllt:

$$(10.)\qquad g + k = \frac{(N-1)(G-K)}{N}.$$

Sämmtliche Segmente ζ (d. i. $\alpha'. \alpha''$, ...) mögen jetzt in zwei Kategorien versetzt gedacht werden, einerseits in diejenigen, für welche $Y_x^\zeta > Y_y^\zeta$ ist, andererseits in diejenigen, für welche umgekehrt $Y_y^\zeta > Y_x^\zeta$ ist, wobei ein etwa vorhandenes Segment ζ, für welches $Y_x^\zeta = Y_y^\zeta$ ist, *nach Belieben* der ersten oder zweiten Kategorie beigesellt werden mag. Bezeichnen wir die Segmente ζ der ersten Kategorie mit ξ, die der zweiten mit η, so haben wir also die Formeln:

$$(11.)\qquad Y_x^\xi \geqq Y_y^\xi, \qquad Y_y^\eta \geqq Y_x^\eta.$$

Diese Formeln können, weil die Constanten g, k positiv sind, so geschrieben werden:

$$(12.)\quad gY_x^\xi + kY_y^\xi \geqq (g+k)Y_y^\xi, \quad gY_x^\eta + kY_y^\eta \geqq (g+k)Y_x^\eta;$$

denn in diesen letztern Formeln (12) heben sich in der ersten die mit k behafteten, in der zweiten die mit g behafteten Glieder fort, wodurch sie zurückfallen in die frühern Formeln (11). Aus (12) und (10) folgt unmittelbar:

$$(13.)\quad gY_x^\xi + kY_y^\xi \geqq \frac{(N-1)(G-K)}{N} Y_y^\xi, \quad gY_x^\eta + kY_y^\eta \geqq \frac{(N-1)(G-K)}{N} Y_x^\eta.$$

Benutzt man diese beiden Relationen (13) für die einzelnen Glieder

$$gY_x^\zeta + kY_y^\zeta$$

der in der Formel (9) vorhandenen Summe, indem man auf jedes solches Glied, jenachdem ζ ein ξ oder ein η ist, die erste oder zweite dieser beiden Relationen in Anwendung bringt, so gewinnt jene Formel (9) folgende Gestalt:

$$(14.)\qquad D_\beta\varphi < (G-K)\left\{1 - \frac{N-1}{N}(\Sigma Y_y^\xi + \Sigma Y_x^\eta)\right\};$$

oder endlich (mit Rücksicht auf Satz XI, Seite 288) folgende Gestalt:

$$(15.)\qquad D_\beta\varphi < (G-K)\left\{1 - \frac{N-1}{N}(Y_y^{\Sigma\xi} - Y_x^{\Sigma\eta})\right\}.$$

Um die Hauptsache besser im Auge zu behalten, mag die Zahl N, welche zu Anfang beliebig zu wählen war, fortan $= 2$ festgesetzt gedacht werden (obwohl die Wahl eines höheren Werthes für den zu erreichenden Zweck eigentlich noch vortheilhafter sein würde). Wir haben alsdann die Formel:

$$(16.)\qquad D_\beta\varphi < (G-K)\left\{1 - \tfrac{1}{2}(Y_y^{\Sigma\xi} - Y_x^{\Sigma\eta})\right\}.$$

Der hier vorhandene Factor $\{\}$ ist, weil die Grössen $D_\beta\varphi$ und $(G-K)$ ihrer Bedeutung zufolge positiv sind, ebenfalls jederzeit positiv. Die in diesem positiven Factor $\{\}$ auftretenden Segmente ξ, η der Curven α und gleichzeitig auftretenden Puncte x, y der Curven β sind ihrer Anzahl, Grösse und Lage nach abhängig von der gegebenen Function f. Es lässt sich nun aber die numerische Grösse jenes Factors discutiren, *ohne auf diese Abhängigkeit Rücksicht zu nehmen*, der Art, dass also das Resultat der Discussion gültig sein wird, wie beschaffen jene gegebene auf α gleichmässig stetige Function auch gedacht werden mag. — Offenbar ist $\Sigma\xi + \Sigma\eta = \alpha$. Folglich sind nur *zwei* Fälle möglich. Entweder $\Sigma\xi$ und $\Sigma\eta$ sind beide verschieden von Null; alsdann wird $\Sigma\xi$ ein *Theil* von α, und $\Sigma\eta$ der andere *Theil* von α sein. Oder, von jenen beiden Summen ist die eine, etwa $\Sigma\xi$, gleich Null; alsdann wird $\Sigma\eta$ das *ganze* α darstellen. Im *ersten* Fall finden (Satz V, Seite 283) nothwendiger Weise die Formeln statt:

$$Y_y^{\Sigma\xi} > 0, \qquad Y_x^{\Sigma\eta} > 0;$$

denn es ist zu beachten, dass diese Functionen Y der Fläche $\mathfrak{A}$ angehören, und dass x, y auf β, mithin *innerhalb* $\mathfrak{A}$ liegen. Im *zweiten* Fall andrerseits finden (zufolge desselben Satzes) nothwendig die Relationen statt:

$$Y_y^{\Sigma\xi} = 0, \qquad Y_x^{\Sigma\eta} = 1.$$

Somit ergiebt sich, was jenen positiven Factor $\{\}$ betrifft, im ersten Fall die Relation:

$$\{\} < 1,$$

im zweiten Fall die Relation:

$$\{\} = 1 - \tfrac{1}{2} = \tfrac{1}{2}.$$

Folglich muss ein *positiver ächter Bruch* $\varkappa$ sich finden lassen von solcher Beschaffenheit, dass in *beiden* Fällen, d. i. *in allen überhaupt denkbaren* Fällen

(17.) $$\{\} < \varkappa$$

wird. Und zwar wird der Werth dieses ächten Bruches $\varkappa$, ebenso wie die hier angestellte Discussion, unabhängig sein von der Beschaffenheit der auf α gegebenen gleichmässig stetigen Function f, mithin lediglich bedingt sein durch die gegebenen *geometrischen* Verhältnisse; demgemäss mag derselbe bezeichnet werden als die *Situationsconstante* von $\mathfrak{B}$ in Bezug auf $\mathfrak{A}$. — Aus (16) und (17) folgt nun sofort:

(18.) $$D_\beta \varphi < (G - K)\varkappa,$$

oder weil $(G - K)$ nichts anderes als $D_\alpha f$ ist:

(19.) $$D_\beta \varphi < \varkappa . D_\alpha f.$$

Hiemit ist die *eine* der bei (2) vorgezeichneten Untersuchungen zum Abschluss gebracht, nämlich, falls wir das bereits bei (3) Bemerkte hinzunehmen, gefunden worden, *dass die Differenz $D_\beta \varphi$ jederzeit innerhalb der Differenz $D_\alpha f$ liegt, und dass sie, ihrer Grösse nach betrachtet. jederzeit kleiner als $\varkappa . D_\alpha f$ ist, wo $\varkappa$ einen positiven ächten Bruch, die Situationsconstante von $\mathfrak{B}$ in Bezug auf $\mathfrak{A}$ bezeichnet.*

Die *andere* der bei (2) vorgezeichneten Untersuchungen wird offenbar zu einem völlig analogen Ergebniss hinleiten, sobald man nur beachtet hat, dass die durch

$$\varphi = Y^{\alpha, f}$$

definirte Function φ auf $\mathfrak{A}$ die Bedingungen (Π) erfüllt, folglich auf dem *innerhalb* $\mathfrak{A}$ befindlichen Curvencomplex β nothwendiger Weise gleichmässig stetig ist, dass also jene Function φ auf β *ebendieselben* Anforderungen erfüllt, welche in der hier durchgeführten Untersuchung an f mit Bezug auf α gestellt waren.

Setzt man also von der ursprünglich gegebenen, bei (1) definirten Function f ausgehend

(20.) $$\varphi = Y^{\alpha, f}, \qquad \text{und} \qquad \varphi' = Y^{\beta, \varphi},$$

so werden zwischen den Differenzen $D_\alpha f$, $D_\beta \varphi$, $D_\alpha \varphi'$ folgende Beziehungen stattfinden:

$$(21.)\quad \begin{array}{ll} D_\beta\varphi \textit{ innerh } D_\alpha f, & D_\alpha\varphi' \textit{ innerh } D_\beta\varphi, \\ D_\beta\varphi < \varkappa . D_\alpha f, & D_\alpha\varphi' < \lambda . D_\beta\varphi, \end{array}$$

wo $\varkappa$ die *Situationsconstante von* $\mathfrak{B}$ *in Bezug auf* $\mathfrak{A}$, und in völlig demselben Sinn λ die *Situationsconstante von* $\mathfrak{A}$ *in Bezug auf* $\mathfrak{B}$ ist. Ebenso wie $\varkappa$, ebenso wird auch λ ein *positiver ächter Bruch* sein, dessen Werth, von den betrachteten Functionen völlig unabhängig, lediglich bedingt wird durch die gegebenen *geometrischen* Verhältnisse.

In den vorliegenden Formeln kann $D_\beta\varphi$ sofort eliminirt werden. Es ergiebt sich alsdann:

$$(22.)\quad \begin{array}{l} D_\alpha\varphi' \textit{ innerh } D_\alpha f, \\ D_\alpha\varphi' < \varkappa\lambda . D_\alpha f. \end{array}$$

Von den gegebenen Werthen f ausgehend, mögen nun nicht nur φ, φ' gebildet, sondern successive folgende Functionen construirt werden.

$$(23.)\quad \begin{array}{ll} \varphi = Y^{\alpha,f}, & \varphi' = Y^{\beta,\varphi}, \\ \varphi'' = Y^{\alpha,\varphi'}, & \varphi''' = Y^{\beta,\varphi''}, \\ \varphi^{IV} = Y^{\alpha,\varphi'''}, & \varphi^{V} = Y^{\beta,\varphi^{IV}}, \\ \dots\dots & \dots\dots \end{array}$$

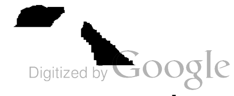
wo die Y linker Hand zu $\mathfrak{A}$, die rechter Hand zu $\mathfrak{B}$ gehörig sind. Alsdann ergeben sich, mit Rücksicht auf (22), der Reihe nach die Formeln:

$$(25.)\quad \begin{array}{ll} D_\alpha\varphi' \textit{ innerh } D_\alpha f, & D_\alpha\varphi' < \varkappa\lambda . D_\alpha f, \\ D_\alpha\varphi''' \textit{ innerh } D_\alpha\varphi', & D_\alpha\varphi''' < \varkappa\lambda . D_\alpha\varphi' < (\varkappa\lambda)^2 D_\alpha f, \\ D_\alpha\varphi^{V} \textit{ innerh } D_\alpha\varphi''', & D_\alpha\varphi^{V} < \varkappa\lambda . D_\alpha\varphi''' < (\varkappa\lambda)^3 D_\alpha f, \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ D_\alpha\varphi^{(2n+1)} \textit{ innerh } D_\alpha\varphi^{(2n-1)}, & D_\alpha\varphi^{(2n+1)} < (\varkappa\lambda)^{n+1} D_\alpha f. \end{array}$$

Aus diesen Formeln folgt, dass eine gewisse innerhalb $D_\alpha f$ d. i. innerhalb des Intervalls $K \dots\dots G$ gelegene Constante h existirt, von welcher sämmtliche auf α vorhandene Werthe

$$(26.)\quad \varphi_a^{2n+1}$$





um weniger als

(27.) $$(\varkappa\lambda)^{n+1}(G-K)$$

differiren, dass also die oben genannten Werthe durch gehörige Vergrösserung von n *beliebig nahe* an jene Constante h herangedrückt werden können.

Die Functionen $\varphi, \varphi', \varphi'', \varphi''', \ldots$ werden, wie aus ihrer Definition (23) folgt, theils auf $\mathfrak{A}$, theils auf $\mathfrak{B}$, sämmtlich also auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (Π) erfüllen. Gleiches gilt folglich auch von dem Aggregat:

(28.) $$\omega^{(n)} = \varphi - \varphi' + \varphi'' - \varphi''' \ldots\ldots + \varphi^{(2n)} - \varphi^{(2n+1)}.$$

Nun ergeben sich für die Functionen $\varphi, \varphi', \varphi'', \varphi''', \ldots,$ auf Grund ihrer Definitionen (23), sofort die Formeln:

$$\varphi_a = f_a, \qquad \varphi'_b = \varphi_b,$$
$$\varphi''_a = \varphi'_a, \qquad \varphi'''_b = \varphi''_b,$$
$$\varphi^{IV}_a = \varphi'''_a, \qquad \varphi^{V}_b = \varphi^{IV}_b,$$
$$\ldots\ldots \qquad \ldots\ldots$$

und aus diesen ergiebt sich sofort:

(29.) $$\omega_a^{(n)} = f_a - \varphi_a^{(2n+1)}, \qquad \omega_b^{(n)} = 0.$$

Durch diese beiden Formeln (29) sind sämmtliche Werthe dargelegt, welche die Function $\omega^{(n)}$ besitzt am Rande der Fläche $\mathfrak{T}$; ausserdem ist bereits bemerkt, dass $\omega^{(n)}$ auf der Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (Π) erfüllt. Somit zeigt sich, dass das gestellte Problem durch die Function $\omega^{(n)}$ seine Lösung finden würde, falls sich nur nachweisen liesse, dass die Werthe von

$$\varphi_a^{(2n+1)}$$

mit wachsendem n gegen *Null* convergiren. Das nun allerdings wird im Allgemeinen *nicht* der Fall sein; jedoch wissen wir bereits [vergl. (26), (27)], dass diese Werthe mit wachsendem n gegen eine gewisse innerhalb des Intervalls $K \ldots\ldots G$ gelegene, vorhin mit h bezeichnete Constante convergiren. Wir gelangen somit vorläufig zu folgendem Resultat.

Die aus $\omega^{(n)}$ für $n = \infty$ sich ergebende Function

(30.) $$\omega = (\varphi - \varphi') + (\varphi'' - \varphi''') + \ldots\ldots \textit{ in inf.}$$

erfüllt auf der gegebenen Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (***II***), *und besitzt am Rande von $\mathfrak{T}$ die Werthe:*

$$(31.)\qquad \omega_a = f_a - h \qquad\qquad \omega_b = 0,$$

wo h eine gewisse innerhalb des Intervalls K . . . . G, im Allgemeinen nicht näher angebbare Constante repräsentirt.

Um die wirkliche Lösung des gestellten Problemes zu erhalten, bedarf es also noch weiterer Operationen, nämlich der Ermittelung einer Function ϖ, welche ebenfalls auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (***II***) *erfüllt, und am Rande von $\mathfrak{T}$ die Werthe besitzt:*

$$(32.)\qquad \varpi_a = h, \qquad\qquad \varpi_b = 0.$$

Gelingt es nämlich, eine derartige Function ϖ wirklich zu ermitteln, so wird, wie man sofort übersieht, die Summe

$$(33.)\qquad \omega + \varpi$$

die Lösung des eigentlich gestellten Problems sein, nämlich eine Function sein, welche auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (***II***) *erfüllt, und deren Randwerthe auf α identisch mit den vorgeschriebenen f, auf β identisch mit Null sind.*

Setzt man $\mathfrak{A} = \mathfrak{T} + \mathfrak{A}'$, und $\mathfrak{B} = \mathfrak{T} + \mathfrak{B}'$, so repräsentirt $\mathfrak{A}'$ denjenigen Theil der Ebene, um welchen die Fläche $\mathfrak{T}$ zunehmen würde durch ein Anwachsen über β hinaus, ebenso $\mathfrak{B}'$ denjenigen, um den sie zunehmen würde durch ein Anwachsen über α hinaus, (vergl. Seite 295). Folglich repräsentirt $\mathfrak{A}' + \mathfrak{B}'$ denjenigen Theil der Ebene, um welchen jene Fläche $\mathfrak{T}$ zunehmen würde bei *gleichzeitigem* Anwachsen über α *und* über β hinaus; somit ergiebt sich, dass unter

$$\mathfrak{A}' + \mathfrak{T} + \mathfrak{B}'$$

nichts Anderes zu verstehen ist als die *ganze unendliche Ebene*, überall einfach genommen.

Es seien nun A und B zwei *feste* Puncte, der eine *innerhalb* $\mathfrak{A}'$, der zweite *innerhalb* $\mathfrak{B}'$ beliebig gewählt, so dass also beide *ausserhalb* der Fläche $\mathfrak{T}$ sich befinden. Die Abstände eines in der Ebene variablen Punctes von A und B mögen genannt werden R_A und R_B; ferner werde gesetzt:

$$L = \log \frac{R_A}{R_B},$$

wo alsdann L eine Function sein wird, welche $-\infty$ wird in A,

$+\infty$ in B, und abgesehen von diesen beiden Puncten *auf der ganzen unendlichen Ebene* überall die Bedingungen (Π) erfüllt. Nunmehr werde [was immer möglich, weil eine Methode zur Lösung des Problemes ($\mathfrak{B}$, Π) als bekannt vorausgesetzt worden ist], eine Function M construirt, welche *auf der Fläche* $\mathfrak{B}$ die Bedingungen (Π) erfüllt, und am Rande von $\mathfrak{B}$, d. i. auf β identisch ist mit L. Die Differenz

$$F = L - M$$

wird alsdann *auf der Fläche* $\mathfrak{B}$, mit alleiniger Ausnahme des Punctes B, ebenfalls überall die Bedingungen (Π) erfüllen; ihre Werthe in jenem Puncte B und andererseits am Rande β der Fläche $\mathfrak{B}$ werden lauten:

$$F_B = L_B - M_B = +\infty,$$
$$F_b = 0.$$

Hieraus folgt [durch geeignete Anwendung des Satzes V, Seite 283], dass die Function F nothwendig >0 ist in jedwedem Punct, der *innerhalb* $\mathfrak{B}$ liegt, mithin >0 ist in jedwedem Puncte a. Somit ergiebt sich, was a betrifft, die Relation:

$$F_a > 0.$$

Gehen wir nun von der Fläche $\mathfrak{B} = \mathfrak{T} + \mathfrak{B}'$ über zur *Fläche* $\mathfrak{T}$. Der Punct B liegt *ausserhalb* $\mathfrak{T}$. Auf dieser Fläche $\mathfrak{T}$ wird daher die Function

$$F = L - M \tag{34.}$$

die Bedingungen (Π) in *vollkommenster Weise* erfüllen; gleichzeitig werden ihre Werthe am Rande von $\mathfrak{T}$ den Relationen entsprechen:

$$F_a > 0, \qquad F_b = 0. \tag{35.}$$

Auf Grund dieser Randwerthe F_a, F_b mag nun eine Function Ω construirt gedacht werden, genau in derselben Weise, wie vorhin auf Grund der in (1) gegebenen Randwerthe f_a, f_b die Function ω (30) construirt wurde. Dann wird [analog mit (31)]

$$\Omega_a = F_a - H, \qquad \Omega_b = 0 \tag{36.}$$

sein, wo H eine Constante ist deren Werth sich befindet innerhalb des Intervalles $K' \ldots G'$, falls man nämlich für den Augenblick unter K' und G' den kleinsten und grössten der Werthe F_a versteht. Da nun [nach (35)] die F_a sämmtlich >0

sind, so gilt Gleiches auch von K', von G', und folglich auch von H.

Setzt man nun schliesslich:

$$\Delta = F - \Omega, \tag{37.}$$

so wird Δ auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (Π) erfüllen, und am Rande von $\mathfrak{T}$ die Werthe besitzen:

$$\Delta_a = H > 0, \qquad \Delta_b = 0. \tag{38.}$$

Somit ergiebt sich gegenwärtig sofort die gesuchte Function ϖ. Denn setzt man mit Benutzung der früheren Constanten h:

$$\varpi = \frac{h}{H}\Delta, \tag{39.}$$

so wird ϖ, ebenso wie Δ, auf $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (Π) erfüllen, und am Rande von $\mathfrak{T}$ die Werthe besitzen:

$$\varpi_a = \frac{h}{H}\Delta_a, \qquad \varpi_b = \frac{h}{H}\Delta_b,$$

d. i. die Werthe:

$$\varpi_a = h, \qquad \varpi_b = 0. \tag{40.}$$

Das aber waren die Anforderungen, denen ϖ genügen sollte. Zu constatiren, dass die Constante H nothwendig > 0 ist, war durchaus erforderlich; denn wäre sie $= 0$, so würde die Bildungsweise (39) der Function ϖ illusorisch sein.

§ 8. Zweite Combinations-Methode.

Es sei gegeben irgend eine endliche oder unendliche Fläche $\mathfrak{T}$, begrenzt von beliebig vielen einander nicht berührenden Elementarcurven. Der aus all' diesen Curven bestehende Rand der Fläche werde in beliebiger Weise in zwei Theile α und β zerlegt, jedoch so, dass der Theil α einen Complex von Curven repräsentirt, unter denen mindestens *eine* sich vorfindet, die *ungeschlossen* ist, Analoges mithin auch von β gilt. Die Puncte, in denen α mit β zusammenstösst, mögen mit o bezeichnet sein; und es werde vorausgesetzt, dass in jedem solchen Punct o das Winkelmass π_o der Fläche $\mathfrak{T}$ *grösser als Null* ist. — Man denke sich nun die Fläche $\mathfrak{T}$ über β hinaus in beliebiger Weise anwachsend, völlig einerlei, ob das Anwachsen an allen Stellen



von β, oder nur auf einzelnen Strecken von β erfolgt, und bezeichne die in solcher Weise erweiterte Fläche mit $\mathfrak{A}$, und die bei dieser an Stelle von β vorhandene Begrenzung mit A, so dass also der Rand von $\mathfrak{T}$ durch $\alpha + \beta$, der Rand von $\mathfrak{A}$ hingegen durch $\alpha +$ A repräsentirt ist. *Es wird sich alsdann β auf der Fläche $\mathfrak{A}$ befinden; was die relative Lage von β zum Rande $\alpha +$ A der Fläche $\mathfrak{A}$ betrifft, so wird β theilweise mit A zusammenfallen können, mit α hingegen nur in den Puncten o zusammenstossen, und in diesen Puncten o gegen α geneigt sein unter den Winkeln π_0, d. i. unter Winkeln, die (zufolge der gemachten Voraussetzung) grösser als Null sind.* — In analoger Weise mag eine Fläche $\mathfrak{B}$ entstanden gedacht werden durch ein beliebiges Anwachsen der Fläche $\mathfrak{T}$ über α hinaus, und der Rand von $\mathfrak{B}$ bezeichnet sein mit $\beta +$ B. — *Es handelt sich nun darum, die Lösung des Problemes ($\mathfrak{T}$, Π), oder allgemeiner diejenige des Problemes ($\mathfrak{T}$, P) zu finden, vorausgesetzt, dass irgend welche Methoden bekannt sind zur Lösung der Probleme ($\mathfrak{A}$, Π) und ($\mathfrak{B}$, Π).*

Die zu α, β, A, B gehörigen Puncte mögen bezeichnet sein respective mit a, b, A, B. Wir machen Gebrauch von den uns zur Verfügung stehenden, den Flächen $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ zugehörigen Functionen Y, und bilden zunächst die auf $\mathfrak{A}$ sich beziehende Function Y^α. Da β auf $\mathfrak{A}$ liegt, mit α nur die Puncte o gemein hat, und in jedem solchen Punct o gegen α unter einem Winkel π_0 geneigt ist, der > 0, so werden die für β sich ergebenden parabatischen Werthe dieser Function nicht nur durchweg positiv, sondern auch durchweg < 1 sein (Satz IX, Seite 286). Somit wird ein *positiver ächter Bruch* $\varkappa$ sich auffinden lassen von solcher Beschaffenheit, dass die genannten parabatischen Werthe durchweg noch $< \varkappa$ sind. Dieser Bruch $\varkappa$ wirklich ermittelt gedacht, und jene parabatischen Werthe in üblicher Weise mit Y^α_{bb} bezeichnet, haben wir also die Relation:

$$Y^\alpha_{bb} < \varkappa.$$

In analoger Weise gelangt man offenbar für die auf $\mathfrak{B}$ sich beziehende Function Y^β zu der entsprechenden Formel

$$Y^\beta_{aa} < \lambda,$$

wo wiederum λ einen *positiven ächten Bruch* repräsentirt. Diese Constanten $\varkappa$ und λ sind lediglich bedingt durch die gegebenen

geometrischen Verhältnisse der Flächen 𝔄 und 𝔅; sie mögen genannt werden die *Situationsconstante von* 𝔅 *in Bezug auf* 𝔄, *und die von* 𝔄 *in Bezug auf* 𝔅.

Es soll nun das Problem $(\mathfrak{T}, P)$ gelöst werden mit Bezug auf beliebig vorgeschriebene parabatische Randwerthe f. Offenbar wird die Allgemeinheit dieser Aufgabe keine Beeinträchtigung erleiden, wenn wir annehmen, dass die vorgeschriebenen Werthe f auf α mit etwaiger Ausnahme einzelner Stufen überall eindeutig und gleichmässig stetig, andrerseits auf β identisch mit Null sind. Der absolut grösste Werth, welchen diese f besitzen, sei M. Bezeichnen wir also diese Werthe f, parabatisch genommen auf α, mit f_{aa}, und, parabatisch genommen auf β, mit f_{bb}, so sind die Formeln zu notiren:

$$abs\ f_{aa} \leqq M, \qquad\qquad f_{bb} = 0.$$

Von den gegebenen f ausgehend, mögen nun successive folgende Bildungen $\varphi, \varphi', \varphi'', \ldots$ vorgenommen werden:

$$\varphi = Y^{\alpha, f}, \qquad\qquad \varphi' = Y^{\beta, \varphi},$$
$$\varphi'' = Y^{\alpha, \varphi'}, \qquad\qquad \varphi''' = Y^{\beta, \varphi''},$$
$$\ldots\ldots \qquad\qquad \ldots\ldots$$

wo die Y linker Hand der Fläche 𝔄, die rechter Hand der Fläche 𝔅 angehören sollen. Ferner werde gebildet das Aggregat

$$\omega^{(n)} = \varphi - \varphi' + \varphi'' - \varphi''' \ldots\ldots + \varphi^{(2n)} - \varphi^{(2n+1)}.$$

Aus den Definitionen der Functionen $\varphi, \varphi', \varphi'', \ldots$ ergeben sich, was die parabatischen Werthe derselben für α und für β anbelangt, sofort die Formeln:

$$\varphi_{aa} = f_{aa}, \qquad\qquad \varphi'_{bb} = \varphi_{bb},$$
$$\varphi''_{aa} = \varphi'_{aa}, \qquad\qquad \varphi'''_{bb} = \varphi''_{bb},$$
$$\ldots\ldots \qquad\qquad \ldots\ldots$$

Somit erhält man für die parabatischen Werthe von $\omega^{(n)}$ auf α und auf β die Formeln:

$$\omega^{(n)}_{aa} = f_{aa} - \varphi^{(2n+1)}_{aa}, \qquad \omega^{(n)}_{bb} = 0.$$

Die Bedingungen (P) werden von den Functionen $\varphi, \varphi'', \varphi^{iv}, \ldots$ erfüllt auf der Fläche 𝔄, andrerseits von den Functionen $\varphi', \varphi''', \varphi^{v}, \ldots$ erfüllt auf der Fläche 𝔅; folglich werden sie von *all'* diesen Functionen erfüllt sein auf der Fläche $\mathfrak{T}$; denn $\mathfrak{T}$ ist ein

Theil von $\mathfrak{A}$, und ebenso auch ein Theil von $\mathfrak{B}$. Folglich werden jene Bedingungen (P) auf der Fläche $\mathfrak{T}$ auch erfüllt sein von dem Aggregat $\omega^{(n)}$. — *Aus den zuletzt gefundenen Formeln ergiebt sich daher augenblicklich, dass das hier gestellte Problem durch die Function $\omega^{(n)}$ seine Lösung finden wird, falls nur nachgewiesen ist, dass die Werthe*

$$\varphi_{aa}^{(2n+1)}$$

mit wachsendem n zu Null convergiren.

Das aber ist, wie sich zeigen wird, wirklich der Fall. — Aus der Definition von φ, φ'

$$\varphi = Y^{\alpha, f}, \qquad \varphi' = Y^{\beta, \varphi}$$

folgen nämlich (Satz XII, Seite 289) sofort die Formeln:

$$abs\ \varphi \leqq M \cdot Y^{\alpha}, \qquad abs\ \varphi' \leqq N_{\beta} \cdot Y^{\beta},$$

wo M die schon genannte Bedeutung hat, nämlich den absolut grössten der Werthe f_{aa}, andrerseits N_{β} den absolut grössten der Werthe φ_{bb} bezeichnet; und zwar ist die erste dieser Formeln (zufolge jenes Satzes) gültig für sämmtliche Puncte der Fläche $\mathfrak{A}$, für alle daselbst vorhandenen innern Werthe sowohl als auch für alle daselbst vorhandenen katabatischen und parabatischen Randwerthe; während die Gültigkeit der zweiten Formel den entsprechenden Umfang besitzt in Bezug auf die Fläche $\mathfrak{B}$. Bringen wir die erste Formel auf die (zu $\mathfrak{A}$ gehörigen) Puncte b, die zweite auf die (zu $\mathfrak{B}$ gehörigen) Puncte a in Anwendung, so erhalten wir:

$$abs\ \varphi_{bb} \leqq M \cdot Y_{bb}^{\alpha} \qquad abs\ \varphi'_{aa} \leqq N_{\beta} \cdot Y_{aa}^{\beta}.$$

Hieraus folgt mit Rücksicht auf die Definition von $\varkappa, \lambda$:

$$abs\ \varphi_{bb} < M\varkappa, \qquad abs\ \varphi'_{aa} < N_{\beta}\lambda.$$

Beachten wir nun, dass N_{β} der grösste unter den $abs\ \varphi_{bb}$ ist, und verstehen wir in analoger Weise unter N'_{α} den grössten der $abs\ \varphi'_{aa}$, so können die beiden letzten Formeln auch so dargestellt werden:

$$N_{\beta} < M\varkappa, \qquad N'_{\alpha} < N_{\beta}\lambda;$$

woraus durch Elimination von N_{β} folgt:

$$N'_{\alpha} < M\varkappa\lambda.$$

In ähnlicher Weise, wie diese Relation entstanden ist durch Betrachtung der Functionen φ, φ', in ähnlicher Weise werden sich offenbar durch Betrachtung von φ'', φ''', von $\varphi^{IV}, \varphi^{V}$, u. s. w. analoge Relationen ergeben, welche so lauten:

$$N_u''' < N_u' \varkappa\lambda,$$

$$N_u^{V} < N_u''' \varkappa\lambda.$$

$$\cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot$$

Aus diesen Formeln aber folgt sofort:

$$N_u' < M\varkappa\lambda$$

$$N_u''' < M(\varkappa\lambda)^2,$$

$$N_u^{V} < M(\varkappa\lambda)^3,$$

$$\cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot$$

allgemein also:

$$N_u^{(2n+1)} < M(\varkappa\lambda)^{n+1},$$

also mit Rücksichtnahme auf die eigentliche Bedeutung des N:

$$abs\ \varphi_{aa}^{(2n+1)} < M(\varkappa\lambda)^{n+1};$$

w. z. b. w. — Somit können wir sagen:

Nimmt man für n eine sehr grosse Zahl, so wird das vorgelegte Problem durch die Function $\omega^{(n)}$ annähernd gelöst sein. Denn diese Function erfüllt einerseits auf der Fläche $\mathfrak{T}$ die Bedingungen (P) in vollkommenster Strenge, während andrerseits ihre parabatischen Randwerthe von den vorgeschriebenen Werthen f nur um äusserst wenig, nämlich um weniger als $M(\varkappa\lambda)^{n+1}$ abweichen, wo M das absolute Maximum der Werthe f, und $\varkappa, \lambda$ zwei ächte Brüche, die Situationsconstanten bezeichnen.

Die exacte Lösung des Problems wird erhalten werden für $n = \infty$, mithin dargestellt sein durch die unendliche Reihe:

$$\omega = (\varphi - \varphi') + (\varphi'' - \varphi''') + \ldots\ldots\ldots \textit{in inf.}$$

Diese Function ω wird mithin auf der Fläche $\mathfrak{T}$ parabatische Randwerthe besitzen, welche mit den vorgeschriebenen Werthen f identisch, folglich, ebenso wie die f, in jedem Puncte o mit einer Stufe behaftet sind. Die Function ω wird daher in jedem dieser Puncte o einen Axenwerth, d. i. einen Werth von der Form

$$\omega_0 = C + D\Delta$$

besitzen. Wird zum Azimut Δ derjenige Winkel genommen, unter welchem ein von o ausgehender Strahl geneigt ist gegen die *linke*, d. i. gegen die der Fläche $\mathfrak{T}$ *zu*gewandte, Seite von α, so lassen sich die Constanten C, D sofort bestimmen. Setzt man nämlich Δ successive $= 0$, und $= \pi_0$, unter π_0 das Winkelmass der Fläche $\mathfrak{T}$ im Puncte o verstanden, so ergiebt sich:

$$\omega_{o(\alpha)} = C,$$
$$\omega_{o(\beta)} = C + D\pi_0.$$

Da nun aber die parabatischen Randwerthe von ω identisch sind mit den vorgeschriebenen Werthen f, so ist $\omega_{o(\alpha)} = f_{ao}$, $\omega_{o(\beta)} = f_{bo}$, falls man unter f_{ao} und f_{bo} die beiden für o gegebenen Werthe versteht, einerseits denjenigen welcher mit den f_a, andererseits denjenigen, welcher mit den f_b stetig zusammenhängt. Beachtet man zugleich, dass, zufolge der über die f gemachten Festsetzung, die f_b identisch mit Null sind, also auch f_{bo} gleich Null ist, so erhält man:

$$f_{ao} = C,$$
$$0 = C + D\pi_0.$$

Hieraus folgt sofort:

$$C = f_{ao}.$$
$$D = -\frac{f_{ao}}{\pi_0}.$$

Somit ergiebt sich für den Axenwerth ω_0 folgender Ausdruck:

$$\omega_0 = f_{ao}\left(1 - \frac{\Delta}{\pi_0}\right).$$

Von Interesse dürfte es sein, zu sehen, dass man zu diesem Ausdruck des Axenwerthes ω_0 auch gelangen kann auf Grund der für ω gegebenen Bildungsweise:

$$\omega = (\varphi - \varphi') + (\varphi'' - \varphi''') + \ldots, \ldots \textit{in inf.}$$

Doch sei hier nur bemerkt, dass man bei Verfolg dieses Weges den Axenwerth ω_0 ausgedrückt erhält durch eine ins Unendliche fortlaufende geometrische Reihe, und sodann durch Summation dieser Reihe zu einem Ausdruck gelangt, der in der That mit dem vorhin gefundenen vollkommen identisch ist.

Die hier zur Lösung des Problemes $(\mathfrak{T}, P)$ exponirte Methode kann übrigens ersetzt werden durch eine etwas modificirte und vielleicht noch einfachere Methode.

Die vorgeschriebenen parabatischen Randwerthe f mögen gegenwärtig ganz beliebig gegeben gedacht werden, nur unterworfen der durch das Problem (P) selber gemachten Beschränkung, dass sie mit Ausnahme einzelner Stufen überall eindeutig und gleichmässig stetig sind. Die Situationsconstanten $\varkappa, \lambda$ mögen genau ebenso wie früher definirt sein; so dass also die Formeln stattfinden

$$Y^{\alpha}_{bb} < \varkappa, \qquad Y^{\beta}_{aa} < \lambda.$$

Es werde nun gebildet die Function:

$$\mu = \tfrac{1}{2}(Y^{\alpha,f} + Y^{\beta,f}),$$

wo selbstverständlich das erste Y zu $\mathfrak{A}$, das zweite Y zu $\mathfrak{B}$ gehörig sein soll. Die Bedingungen (P) werden alsdann von dem erstern Y auf $\mathfrak{A}$, von dem letztern Y auf $\mathfrak{B}$, mithin von *beiden* auf $\mathfrak{T}$ erfüllt sein; weil $\mathfrak{T}$ ein Theil von $\mathfrak{A}$, und ebenso auch ein Theil von $\mathfrak{B}$ ist. Folglich werden jene Bedingungen (P) auf der Fläche $\mathfrak{T}$ auch erfüllt sein von der hier gebildeten Function μ. — Untersuchen wir nun, mit Bezug auf $\mathfrak{T}$, die parabatischen Randwerthe von μ, und zwar zunächst die auf α befindlichen, so ergiebt sich sofort:

$$\mu_{aa} = \tfrac{1}{2}(f_{aa} + Y^{\beta,f}_{aa}),$$

oder was dasselbe ist:

$$f_{aa} - \mu_{aa} = \tfrac{1}{2}(f_{aa} - Y^{\beta,f}_{aa}).$$

Ist M der absolut grösste unter den gegebenen Werthen f, so wird (Satz XII, Seite 289):

$$abs\ Y^{\beta,f} \leqq MY^{\beta}$$

sein für sämmtliche zu $\mathfrak{B}$ gehörigen Puncte, sowohl mit Bezug auf die innern Werthe als auch mit Bezug auf alle katabatischen und parabatischen Randwerthe. Auf $\mathfrak{B}$ befinden sich unter Andern alle zu α gehörigen Puncte a; und jene Formel kann daher z. B. angewandt werden auf die zu α gehörigen parabatischen Werthe der betrachteten Functionen. So ergiebt sich:

$$abs\ Y^{\beta,f}_{aa} \leqq MY^{\beta}_{aa}.$$

Hieraus aber folgt mit Rücksicht auf die Definition von λ sofort:

$$abs\ Y^{\beta,f}_{aa} < M\lambda.$$

Benutzt man diese Formel, und beachtet man gleichzeitig, dass, nach der Definition von M, die Relation stattfindet $abs\ f_{aa} = M$, so folgt aus dem vorhin für $f_{aa} - \mu_{aa}$ aufgestellten Ausdruck sofort:

$$abs\ (f_{aa} - \mu_{aa}) < \tfrac{1}{2}(M + M\lambda).$$

In ähnlicher Weise wird offenbar sich ergeben:

$$abs\ (f_{bb} - \mu_{bb}) < \tfrac{1}{2}(M + M\varkappa).$$

Diese beiden letzten Relationen können, falls die Randpuncte von $\mathfrak{T}$, d. i. die Puncte a und b zusammengenommen, mit s bezeichnet werden, zusammengefasst werden zu der *einen* Formel:

$$abs\ (f_{ss} - \mu_{ss}) < M\frac{1+\varkappa}{2},$$

vorausgesetzt, dass man annimmt, es wäre $\varkappa \geqq \lambda$.

Es mögen nunmehr successive folgende Bildungen ausgeführt werden:

$$\begin{aligned}
\mu\ &= \tfrac{1}{2}(Y^{\alpha,f} + Y^{\beta,f}),\\
\mu'\ &= \tfrac{1}{2}(Y^{\alpha,f-\mu} + Y^{\beta,f-\mu}),\\
\mu'' &= \tfrac{1}{2}(Y^{\alpha,f-\mu-\mu'} + Y^{\beta,f-\mu-\mu'}),\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

dann wird zunächst, wie oben gefunden wurde:

$$abs\ (f_{ss} - \mu_{ss}) < \frac{1+\varkappa}{2}\cdot Max\ (f_{ss})$$

sein, wo $Max\ (f_{ss})$ für M gesetzt ist. Somit wird auch, zufolge der Bildungsweise von μ', die Relation stattfinden:

$$abs\ (f_{ss} - \mu_{ss} - \mu'_{ss}) < \frac{1+\varkappa}{2}\ Max\ (f_{ss} - \mu_{ss}).$$

Ebenso wird sich ferner mit Bezug auf μ'' ergeben:

$$abs\ (f_{ss} - \mu_{ss} - \mu'_{ss} - \mu''_{ss}) < \frac{1+\varkappa}{2}\ Max\ (f_{ss} - \mu_{ss} - \mu'_{ss}).$$

U. s. w. — Aus diesen Relationen folgt nun successive:

$$abs\,(f_{ss}-\mu_{ss}) < \frac{1+\varkappa}{2}\,M,$$

$$abs\,(f_{ss}-\mu_{ss}-\mu'_{ss}) < \left(\frac{1+\varkappa}{2}\right)^2 M,$$

$$abs\,(f_{ss}-\mu_{ss}-\mu'_{ss}-\mu''_{ss}) < \left(\frac{1+\varkappa}{2}\right)^3 M,$$

u. s. w. Mithin allgemein:

$$abs\,(f_{ss}-\mu_{ss}-\mu'_{ss}\,\ldots\ldots-\mu^{(n)}_{ss}) < \left(\frac{1+\varkappa}{2}\right)^{n+1} M.$$

Da die Situationsconstante $\varkappa$ ein positiver *ächter Bruch* ist, mithin Gleiches auch gilt von $\frac{1+\varkappa}{2}$, so kann in dieser letzten Formel die rechte Seite durch Vergrösserung von n beliebig klein gemacht werden.

Setzt man also

$$\omega^{(n)} = \mu + \mu' \,\ldots\ldots + \mu^{(n)},$$

so wird $\omega^{(n)}$ eine näherungsweise Lösung des gestellten Problemes repräsentiren, sobald man für n eine sehr grosse *Zahl nimmt. Denn die den Bedingungen (P) auf der Fläche $\mathfrak{T}$ in vollkommenster Strenge entsprechende Function $\omega^{(n)}$ wird alsdann parabatische Randwerthe besitzen, welche von den vorgeschriebenen Werthen f nur um* äusserst wenig, *um weniger als*

$$\left(\frac{1+\varkappa}{2}\right)^{n+1} M$$

abweichen, wo M das absolute Maximum der f, und $\varkappa$ einen positiven ächten Bruch, nämlich die grössere der beiden Situationsconstanten bezeichnet.

§ 9. Dritte Combinations-Methode.

Im Vorhergehenden sind diejenigen Methoden der Combination dargelegt worden, von denen in meiner »*ersten Mittheilung*« bereits die Rede war, und zwar (beiläufig bemerkt) in derjenigen Reihenfolge, in welcher dieselben sich mir dargeboten

haben. In unmittelbarem Anschluss zu diesen beiden Methoden steht eine dritte Methode, auf welche ich, so nahe sie mit jenen auch verwandt ist, doch erst *später* aufmerksam geworden bin, und zwar durch einen Aufsatz von *Schwarz* [in der Vierteljahrschrift der Naturf. Ges. in Zürich, Jahrgang XV, Seite 272].

Diese dritte Methode unterscheidet sich von den beiden ersten [abgesehen von der Verschiedenheit der Fälle, auf welche die Methoden Bezug haben] wesentlich dadurch, dass bei derselben die Erfüllung der *Rand*bedingungen in voller Strenge, die Erfüllung der *Haupt*bedingungen [d. i. die der Bedingungen (Π) oder (P)] hingegen durch successive Annäherung erfolgt, während bei jenen früheren Methoden gerade das Umgekehrte der Fall ist: vollständige Strenge in Erfüllung der *Haupt*bedingungen und successive Annäherung in Erfüllung der *Rand*bedingungen. Gestützt auf die zur Entwickelung der ersten und zweiten Methode angestellten Betrachtungen, werden wenige Worte ausreichend sein, um auch diese dritte Methode in übersichtlicher Weise und zugleich in ähnlicher Allgemeinheit, wie jene früheren Methoden darlegen zu können. Während nämlich *Schwarz* sich beschränkt auf Flächen mit nur *einer* Randcurve, und zu einer solchen Beschränkung wohl auch gezwungen zu sein scheint durch den ganzen Gang seiner Untersuchungen, *wird bei der hier folgenden Exposition die Anzahl der Randcurven vollkommen gleichgültig bleiben.*

Die Flächen $\mathfrak{T}$, $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, ebenso die Curven α, β, A, B, und die Puncte a, b, A, B, ebenso endlich die Puncte o mögen genau dieselbe Bedeutung behalten, wie bei der letzten Betrachtung (Seite 306); auch mag in Betreff der Puncte o die damalige Voraussetzung beibehalten werden, dass die in ihnen vorhandenen Winkelmasse π_0 der Fläche $\mathfrak{T}$ *grösser als Null* sind. — Nun aber mag unter $\mathfrak{T}^*$ diejenige Fläche verstanden werden, in welche $\mathfrak{T}$ übergeht, wenn man die damals angegebenen Erweiterungen von $\mathfrak{T}$ *gleichzeitig* vor sich gehen, also gleichzeitig β in A, und α in B übergehen lässt; so dass also der Rand von $\mathfrak{T}^*$ repräsentirt ist durch A + B. — *Es handelt sich darum die Lösung des Problemes ($\mathfrak{T}^*, \Pi$), oder die des allgemeineren Problemes ($\mathfrak{T}^*, P$) zu finden, vorausgesetzt dass irgend welche Methoden bekannt sind zur Lösung der Probleme ($\mathfrak{A}, \Pi$) und ($\mathfrak{B}, \Pi$).*

Die am Rande A + B der Fläche $\mathfrak{T}^*$ vorgeschriebenen Werthe f mögen beliebig gewählt gedacht werden, selbstver-

ständlich jedoch der Art, dass sie daselbst, mit etwaiger Ausnahme einzelner Stufen, überall eindeutig und gleichmässig stetig sind.

Es mag zunächst eine Function φ gebildet werden, welche auf der von $\alpha + \mathsf{A}$ begrenzten Fläche $\mathfrak{A}$ die Bedingungen (P) erfüllt, und deren parabatische Werthe am Rande von $\mathfrak{A}$, in Erstreckung von α beliebig, in Erstreckung von A hingegen identisch mit den vorgeschriebenen f sind. Die Bildung einer solchen Function φ ist jederzeit ausführbar, weil die der Fläche $\mathfrak{A}$ zugehörigen Y, zufolge der gemachten Voraussetzung, uns zur Disposition stehen. — In ähnlicher Weise mag mit Bezug auf die Fläche $\mathfrak{B}$ eine Function ψ gebildet gedacht werden, welche auf $\mathfrak{B}$ die Bedingungen (P) erfüllt, und deren parabatische Randwerthe auf β beliebig, auf B aber identisch mit jenen f sind. — Der absolut grösste unter sämmtlichen parabatischen Werthen, welche φ und ψ respective am Rande von $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ besitzen, mag M heissen: ausserdem werden zufolge der eben genannten Bildungsweise von φ und ψ die Gleichungen stattfinden:

$$(1.)\qquad \varphi_{AA} = f_{AA}, \qquad\qquad \psi_{BB} = f_{BB}.$$

Nunmehr mögen, ausgehend von φ und ψ, successive folgende Functionen φ', ψ', φ'', ψ'', ... construirt werden:

$$(2.)\qquad \begin{array}{ll} \varphi' = \varphi + Y^{\alpha,\psi-\varphi}, & \psi' = \psi + Y^{\beta,\varphi-\psi}, \\ \varphi'' = \varphi' + Y^{\alpha,\psi'-\varphi'}, & \psi'' = \psi' + Y^{\beta,\varphi'-\psi'}, \\ \cdots\cdots\cdots & \cdots\cdots\cdots \end{array}$$

wo die Y linker Hand zu $\mathfrak{A}$, die rechter Hand zu $\mathfrak{B}$ gehören sollen. Die Bedingungen (P) werden alsdann *auf der Fläche* $\mathfrak{A}$ erfüllt sein von den Functionen $\varphi, \varphi', \varphi''$, ..., andererseits *auf der Fläche* $\mathfrak{B}$ erfüllt sein von allen Functionen ψ, ψ', ψ'', ...

Die der Fläche $\mathfrak{A}$ entsprechende Function $Y^{\alpha,\psi-\varphi}$ ist diejenige Function Y, deren parabatische Werthe am Rande von $\mathfrak{A}$ in Erstreckung von α identisch mit denen von $\psi - \varphi$, und in Erstreckung von A identisch mit Null sind. Aus der Definition von φ' folgt somit, was die parabatischen Werthe von φ' am Rande von $\mathfrak{A}$ betrifft, unmittelbar $\varphi'_{AA} = \varphi_{AA}$, und andrerseits $\varphi'_{aa} = \varphi_{aa} + \psi_{aa} - \varphi_{aa}$, d. i. $\varphi'_{aa} = \psi_{aa}$. Aehnliches ist zu bemerken über ψ'; und wir erhalten also die Relationen:

$$(3.)\quad \varphi'_{AA} = \varphi_{AA} = f_{AA}, \qquad \psi'_{BB} = \psi_{BB} = f_{BB},$$
$$(4.)\quad \varphi'_{aa} = \psi_{aa}, \qquad \psi'_{bb} = \varphi_{bb}.$$

Aus den Relationen (3) erkennt man sofort, dass allgemein für jedes n

$$(5.)\quad \varphi^{(n)}_{AA} = f_{AA}, \qquad \psi^{(n)}_{BB} = f_{BB}$$

sein wird. Hieraus aber ergiebt sich, dass das gestellte Problem seine Lösung finden wird durch die beiden Functionen

$$\varphi^{(n)} \quad \text{und} \quad \psi^{(n)},$$

falls sich nur nachweisen lässt, dass dieselben durch Vergrösserung von n unter einander identisch gemacht werden können in Erstreckung des den Flächen $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ gemeinschaftlichen Theiles $\mathfrak{T}$.

Das aber ist, wie jetzt gezeigt werden soll, wirklich der Fall. Es sind zu diesem Ende der Reihe nach die Differenzen $\varphi' - \psi'$, $\varphi'' - \psi''$, ... $\varphi^{(n)} - \psi^{(n)}$, ... ins Auge zu fassen, und die Werthe zu untersuchen, welche jede dieser Differenzen auf der *Fläche* $\mathfrak{T}$ oder (was bereits ausreichend) am *Rande* von $\mathfrak{T}$ besitzt.

Aus der Definition von φ' ergiebt sich, unter Benutzung der zweiten Relation (4) sofort:

$$(6.)\quad \varphi'_{bb} = \psi'_{bb} + Y^{\alpha, \psi - \varphi}_{bb}$$

eine Formel, welche sich bezieht auf die zu β gehörigen parabatischen Werthe der hier auftretenden Functionen. Nun ist bekanntlich (Satz XII, Seite 289):

$$abs\; Y^{\alpha, \psi - \varphi} \leqq Y^{\alpha}.\, Max\,(\psi_{aa} - \varphi_{aa}),$$

wo das Zeichen *Max* das absolute Maximum der betreffenden Werthe andeuten soll; und zwar wird (zufolge jenes Satzes) diese Formel nicht allein gültig sein für die Werthe der auftretenden Functionen *innerhalb* $\mathfrak{A}$, sondern ebenso gut auch gültig sein für ihre sämmtlichen katabatischen und parabatischen Werthe am *Rande* von $\mathfrak{A}$. Es kann dieselbe also benutzt werden für die zu β gehörigen Puncte b (denn β liegt *auf* $\mathfrak{A}$); hierdurch ergiebt sich:

$$abs\; Y^{\alpha, \psi - \varphi}_{bb} \leqq Y^{\alpha}_{bb}.\, Max\,(\psi_{aa} - \varphi_{aa}).$$

Hieraus aber folgt mit Rücksicht auf die Definition der Situationsconstanten $\varkappa$ (Seite 307) sofort:

$$abs\, Y_{bb}^{\alpha,\psi-\varphi} < \varkappa \,.\, Max\, (\psi_{aa} - \varphi_{aa}).$$

Somit ergiebt sich aus (6):

$$(7.)\qquad abs\, (\varphi'_{bb} - \psi'_{bb}) < \varkappa\; Max\, (\psi_{aa} - \varphi_{aa}).$$

Zu einem analogen Resultat wird man offenbar gelangen, wenn man die Function ψ' in derselben Weise behandelt, wie hier φ' behandelt wurde; man wird dabei, wie leicht zu übersehen, gelangen zu der Relation:

$$(8.)\qquad abs\, (\psi'_{aa} - \varphi'_{aa}) < \lambda \,.\, Max\, (\varphi_{bb} - \psi_{bb}),$$

wo λ die andere Situationsconstante (Seite 307) repräsentirt.

Die beiden Relationen (7) und (8) lassen sich nun, falls $\varkappa \geqq \lambda$ gedacht wird, sofort zusammenfassen zu der *einen* Formel:

$$(9.)\qquad abs\, (\varphi'_{ss} - \psi'_{ss}) < \varkappa\; Max\, (\varphi_{ss} - \psi_{ss}),$$

wo alsdann unter s sämmtliche Puncte a, b, d. i. *sämmtliche Randpuncte der Fläche* $\mathfrak{T}$ zu verstehen sind.

Behandelt man, ebenso wie φ', ψ', nun gegenwärtig auch φ'', ψ'', ferner φ''', ψ''' u. s. w., so ergeben sich im Ganzen folgende Formeln:

$$abs\, (\varphi'_{ss} - \psi'_{ss}) < \varkappa \,.\, Max\, (\varphi_{ss} - \psi_{ss}),$$

$$abs\, (\varphi''_{ss} - \psi''_{ss}) < \varkappa \,.\, Max\, (\varphi'_{ss} - \psi'_{ss}),$$

$$abs\, (\varphi'''_{ss} - \psi'''_{ss}) < \varkappa \,.\, Max\, (\varphi''_{ss} - \psi''_{ss}),$$

. . . .

Zufolge der für M zu Anfang gegebenen Definition ist bekannt, dass $Max\, (\varphi_{ss} - \psi_{ss}) \leqq 2\, M$ ist.

Somit erhält man successive:

$$abs\, (\varphi'_{ss} - \psi'_{ss}) < \varkappa \,.\, 2\, M,$$

$$abs\, (\varphi''_{ss} - \psi''_{ss}) < \varkappa \,.\, 2\, M,$$

$$abs\, (\varphi'''_{ss} - \psi'''_{ss}) < \varkappa^3 \,.\, 2\, M,$$

. . . .

also allgemein:

$$abs\ (\varphi_{ss}^{(n)} - \psi_{ss}^{(n)}) < \varkappa^n \cdot 2M.$$

Somit ist dargethan, dass die Werthe, welche die Differenz $\varphi^{(n)} - \psi^{(n)}$ am *Rande* von $\mathfrak{T}$ besitzt, mithin auch diejenigen, welche sie *innerhalb* $\mathfrak{T}$ besitzt, durch Vergrösserung von n in der That beliebig klein gemacht werden können, und dass folglich die Functionen $\varphi^{(n)}$ und $\psi^{(n)}$ in Erstreckung der Fläche $\mathfrak{T}$ unter einander identisch sein werden, sobald man $n = \infty$ setzt.

Die Lösung des gestellten Problemes wird daher repräsentirt sein durch $\varphi^{(\infty)}$ und $\psi^{(\infty)}$, oder genauer ausgedrückt durch eine Function ω, welche auf $\mathfrak{A}$ identisch mit $\varphi^{(\infty)}$, andrerseits auf $\mathfrak{B}$ identisch mit $\psi^{(\infty)}$ ist.

In Betreff der Flächen, für welche die Probleme (II), (P) behandelt werden sollten, wurde bisher beständig vorausgesetzt, dass die Randcurven derselben repräsentirt sind durch *geschlossene Elementarcurven*. Doch ist diese Voraussetzung nicht wesentlich; vielmehr sind die entwickelten Methoden auch dann noch ausreichend, wenn eine solche Randcurve repräsentirt ist durch *die beiden Ufer einer ungeschlossenen Elementarcurve.*

Um diese Behauptung wenigstens durch ein Beispiel zu stützen, mag zur Behandlung vorgelegt gedacht werden diejenige Fläche, in welche die ganze unendliche Ebene sich verwandelt durch einen Schnitt, der ausgeführt ist längs einer beliebig gegebenen ungeschlossenen Elementarcurve ζ, und dessen Endpuncte bezeichnet sein sollen mit p und q.

Von p nach q mögen zuvörderst noch zwei andere auxiliäre ungeschlossene Elementarcurven α und β gelegt werden, welche aber weder mit einander noch mit ζ irgend einen Punct gemein haben, abgesehen von den Endpuncten p, q, und welche ausserdem weder in p noch in q einander berühren. Diejenige von $\alpha + \beta$ begrenzte Fläche, welche die Curve ζ *nicht* enthält, werde $\mathfrak{T}$ genannt. Ferner werde unter $\mathfrak{A}$ diejenige von $\alpha + \zeta$ begränzte Fläche verstanden, in welche $\mathfrak{T}$ sich verwandelt durch eine Erweiterung über β hinaus, andererseits unter $\mathfrak{B}$ diejenige von $\beta + \zeta$ begränzte Fläche, in welche $\mathfrak{T}$ sich verwandelt durch eine Erweiterung über α hinaus. Zufolge der im Allgemeinen eingeführten Bezeichnung (Seite 315) wird alsdann mit $\mathfrak{T}^*$ diejenige

Fläche zu benennen sein, in welche $\mathfrak{T}$ sich verwandelt, sobald jene beiden Erweiterungen *gleichzeitig* eintreten; so dass also $\mathfrak{T}^*$ identisch ist mit der ursprünglich zur Behandlung vorgelegten Fläche.

Für die gegebene Fläche $\mathfrak{T}^*$ wird also das Problem $(\mathfrak{T}^*, \Pi)$ mit Hülfe der *dritten Combinationsmethode* lösbar sein, vorausgesetzt dass irgend ein Verfahren bekannt ist zur Lösung der Probleme $(\mathfrak{A}, \Pi)$ und $(\mathfrak{B}, \Pi)$. Und diese Voraussetzung wird z. B. erfüllt sein, wenn die gegebene Curve ζ überall convex ist; denn alsdann wird man die auxiliären Curven α und β so wählen können, dass jede der beiden Flächen $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ entweder überall convex oder überall concav ist, so dass also jene Probleme $(\mathfrak{A}, \Pi)$ und $(\mathfrak{B}, \Pi)$ ihre Lösung finden unmittelbar durch die *Methode des arithmetischen Mittels.*

§ 10. Nachträgliche Bemerkungen.

Die für eine beliebig gegebene überall convexe Fläche dargelegte *Methode des arithmetischen Mittels* bietet eine Einfachheit dar, wie sie in diesem Gebiete der Forschung wohl kaum zu erwarten stand, und besitzt ausserdem die angenehme Eigenschaft, mit gleicher Leichtigkeit anwendbar zu sein auf die gegebene Fläche selber und auf die zugehörige Ergänzungsfläche. Dabei mag bemerkt werden, dass das durch diese Methode absolvirte Problem schon vor etwa einem Jahre behandelt worden ist in einem Aufsatz von *Schwarz* [Programm der Polyt. Schule in Zürich, Schuljahr 1869/70; vergl. auch *Borchardt*'s Journal, Bd. 70, Seite 120]; der daselbst eingeschlagene Weg, welcher jedenfalls weniger einfach zu nennen sein dürfte, ist von dem meinigen so vollständig verschieden, dass mit Ausnahme des verfolgten Zieles wohl kaum ein gemeinschaftlicher Punct zu entdecken sein wird.

Eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit hingegen findet statt zwischen den von mir entwickelten *Methoden der Combination* und zwischen den schon früher (Seite 315) erwähnten, denselben Gegenstand betreffenden Untersuchungen von *Schwarz* [Vierteljahrschrift der Naturf. Ges. in Zürich, Jahrgang XV, Seite 272]. Wenn auch ein definitives Urtheil über die gegenseitige Beziehung zwischen diesen beiderlei Arbeiten nicht



gut möglich ist, so lange die Untersuchungen von *Schwarz* nicht mehr *in extenso* publicirt worden sind, so dürfte doch [namentlich auf Grund einiger mündlichen von *Schwarz* mir gemachten Mittheilungen] schon gegenwärtig zu bemerken sein, dass ein charakteristischer Unterschied zwischen unsern beiderseitigen Arbeiten weniger zu finden sein wird in der Beschaffenheit der sich schliesslich ergebenden Methoden, als vielmehr in der Natur der *Quellen*, aus denen diese Methoden geschöpft werden. Während nämlich die von mir benutzte Quelle repräsentirt ist durch die im Vorhergehenden (Seite 49—53 und 266—278) in ihren Hauptumrissen angedeutete Theorie der Momente; scheinen die Deductionen von *Schwarz* ihren Ausgang zu nehmen von gewissen speciell für die Kreisfläche gefundenen Sätzen, sowie von der Thatsache, dass die Gültigkeit dieser Sätze unmittelbar sich überträgt auf jede andere Fläche, die aus der Kreisfläche abgeleitet werden kann durch den Process der conformen Abbildung. — Wahrscheinlich wird jede der beiderlei Quellen ihre besonderen Vorzüge haben. Was die von *mir* benutzte Quelle betrifft, so dürften als solche Vorzüge zu bezeichnen sein: einerseits die allgemeinere Gestaltung, in welcher die Methoden aus dieser Quelle emportauchen, anwendbar auf Flächen mit *beliebig vielen* Randcurven; andrerseits die Leichtigkeit, mit welcher ähnliche Quellen zur Schöpfung ähnlicher Methoden sich finden lassen für den *Raum* (mit Bezug auf die Theorie des *Newton*'schen Potentiales) und wahrscheinlich auch für *Mannigfaltigkeiten von noch höherer Ordnung*.

Dr. Lépine, *Ueber Entstehung und Verbreitung des thierischen Zuckerfermentes.* Aus dem physiol. Institute. Vorgel. v. d. wirkl. Mitgl. *C. Ludwig.*

Die in den folgenden Blättern beschriebenen Versuche sind im Frühjahr und im Vorsommer dieses Jahres in dem physiologischen Institute zu Leipzig angestellt worden; der Beginn derselben fällt also vor den Zeitpunkt, zu welchem die interessante Arbeit *v. Wittichs* *) über denselben Gegenstand veröffentlicht wurde. Diese Bemerkung mag dazu dienen um es zu entschuldigen, dass hier einige Beobachtungen mitgetheilt werden, welche schon in der erwähnten Abhandlung beschrieben worden sind. Insofern sie von mir selbstständig angestellt sind glaubte ich sie, als Bestätigungen der Versuche meines Vorgängers nicht unterdrücken zu sollen.

1. Ueber die Speicheldrüsen des Frosches. Meine Untersuchung ging von der Frage aus, ob schon innerhalb der Mundhöhle des Frosches Amylon in Zucker umgewandelt werde. Der Versuch ergab ein positives Resultat. Das einfachste Mittel um dieses zu beweisen besteht darin, dass man in ein Probirröhrchen das gekochtes und in Wasser suspendirtes Amylon enthält, Schleimhautstückchen von der Zunge oder dem weichen Gaumen des Frosches einführt. Nach einer halben bis zu einer ganzen Stunde kann man mit der Probe von *Trommer* sehr deutlich den entstandenen Zucker nachweisen. Das Ferment, welches diese Umwandlung herbeiführt, ist in der schleimigen Flüssigkeit enthalten, welche in der Mundhöhle und namentlich auf der Zungenoberfläche des Frosches vorkommt. Hiervon kann man sich leicht dadurch überzeugen dass man die Zunge des Frosches mit kleinen quadratischen Stückchen von Seidenpapier

*) Archiv für Physiologie von Dr. E. F. W. Pflüger. 7. u. 8. Heft. 1870.



belegt und diese, nachdem sie sich mit Flüssigkeit durchtränkt haben, in rohes oder gekochtes Amylon bringt, das in Wasser aufgeschwemmt ist. Die Zuckerprobe weist nach Verlauf der oben angegebenen Zeit die Umwandlung des Amylon nach. Wenn man den soeben beschriebenen Versuch ausführt, so wird man bemerken, dass sich alsbald nach dem Auflegen der Papierchen die Zunge röthet und dann die bis dahin sparsam entstandene Flüssigkeit sich so sehr mehrt, dass man nun dieselbe mit einem feinen Glasstab abheben kann. Diese Flüssigkeit ist nun ebenfalls im Stande nicht unbedeutende Mengen von rohem oder gekochtem Amylon in Zucker umzuwandeln.

Die Erfahrung dass die Zunge des Frosches auf einen mechanischen Reiz sich röthet und dabei eine schleimige, viel Zuckerferment enthaltende Flüssigkeit absondert, legte den Gedanken nahe dass die in der Zunge des Frosches vorhandenen traubigen Drüsen *) in die Reihe der Speichel absondernden gehören möchten. Hierfür spricht allerdings von vornherein die grosse bisher freilich übersehene Aehnlichkeit der Form zwischen den sog. Speichelzellen und den Zellen, welche die Wand unserer Zungendrüsen überkleiden. Um jedoch auch von physiologischer Seite aus den Beweis zu vervollständigen, entschloss ich mich zu dem Versuch die Absonderung durch Nervenreizung hervorzulocken. Dieses ist mir denn auch durch Erregung des n. hypoglossus und n. glossopharyngeus (*Eckerts* Tabulae) gelungen. Nachdem ich je einen der beiden Nerven vorsichtig aufgesucht und durchschnitten hatte, tetanisirte ich den wohl isolirten peripherischen Stumpf durch Inductionsströme. Mit dem Beginn der Reizung röthete sich auch die entsprechende Zungenhälfte und alsbald bedeckte sich die letztere mit einer starken Schicht fadenziehender Flüssigkeit. Die Klebrigkeit derselben verhinderte das Zusammenfliessen des Secretes zu Tropfen. Wurde jedoch die Schicht welche die Zunge bedeckte weggenommen, so überzog sich die Zunge von Neuem mit der schleimigen Flüssigkeit. Derselbe Erfolg kam zum Vorschein, wenn die Zunge unmittelbar von den Inductionsströmen getroffen wurde. Wenn eine Froschzunge anhaltend gereizt und dann in *Müller*'scher Flüssigkeit aufbewahrt war, so liess sich auf

*) *Fixsen*, de linguae raninae textura. Dorp. 1857. *Hoyer*, du Bois u. Reicherts Archiv 1859.

Durchschnitten, die durch ihre Drüsenschicht gelegt waren erkennen, dass in der Umgebung der Drüsenbeeren zahlreiche Lymphzellen angehäuft waren.

Drüsen, die in ihrem Innern Zellen von der Form der Speichelzellen enthalten, die während der Nervenerregung einen schleimigen das Amylon umwandelnden Saft abschieden und zugleich von einem stärkeren Blutstrom durchsetzt werden, dürften wohl ungescheut in die Classe der Speicheldrüsen eingereiht werden. Diese Drüsen sind der Aufmerksamkeit der Histologen zu empfehlen.

2. Ueber die Verbreitung des Zuckerfermentes durch den thierischen Organismus. Wenn man den Nachweis des diastatischen Stoffes dadurch versucht, dass man verkleinerte Organtheile in aufgeschwemmtes Amylon bringt, so gelingt derselbe an überraschend vielen Orten. Ausser an den Fundstellen die *Magendie*, *Nasse*, *Cl. Bernard*, *Piotrowsky*, *Thiry*, *Wittich* u. A. angeben, nämlich im Blute, in der ausgewaschenen Magen- und Darmschleimhaut, in der Leber und Galle, in der Niere und Harnblasenschleimhaut, in dem Gehirn, in den Muskeln, habe ich ihn noch nachweisen können bei Hunden, Kaninchen und Fröschen in der Milz, in dem Lungengewebe, im Hoden, in den Sehnen, den serösen Häuten, der Hornhaut, dem Glaskörper, ferner in der äussern und innern Fläche der Froschhaut, in dem Schleim des Eierstocks der Frösche und in dem schleimigen Ueberzug der Wegschnecke. Der einzige Ort an welchem ich ihn suchte und nicht antraf war die Krystalllinse.

Die Organe in welchen das Ferment vorkommt, enthalten dasselbe nicht in gleicher Menge. Hiervon überzeugte ich mich dadurch, dass ich ein bestimmtes Gewicht von jedem der genannten Organe in möglichst zerriebenem Zustand mit viel Wasser in gekochtes Amylon brachte. Dieses Gemenge liess ich in einem Kellerraum bei etwa $+8^0$ C. mehrere Stunden stehen, filtrirte dann die Flüssigkeit ab, befreite dieselbe von ihrem Eiweissgehalt und titrirte den gebildeten Zucker. Mit diesem Verfahren fand ich durchweg mehr Zucker im Blut, im Muskel, in der Milz, im Glaskörper, als im Hoden oder im Gehirn. Ich unterlasse es, hierfür die gefundenen Zahlenbelege vorzubringen, weil sie aus sogleich anzugebendem Grunde doch keinen Anspruch darauf machen können, ein genaueres Bild von der Verbreitung des Fermentes während des Lebens zu geben.

3. Für die Beantwortung der Frage ob das Ferment innerhalb eines Organes in dem Maasse entsteht, in welchem es dort gefunden werde war es von Wichtigkeit zu wissen, ob es sich durch Endosmose weiter verbreiten könne. Um hierüber zu einer Entscheidung zu gelangen brachte ich eine grössere Menge frischen Mundspeichels auf die eine Seite eines sog. Dialysators aus vegetabilischem Pergament, auf die andere aber gekochtes Amylon, das in Wasser aufgeschwemmt war. Als dieser Apparat 2 Stunden auf Eis gestanden hatte war schon eine sehr deutliche Zuckerreaction innerhalb des Amylons nachzuweisen; als aber nach dem Verlauf von zwei Tagen der Zuckergehalt der Amylonlösung geprüft wurde, ergab sich derselbe zu zwei Procent. Diese Thatsache bestätigt also das was *v. Wittich* gefunden hatte; zugleich warnt sie davor aus der Gegenwart des Fermentes so ohne Weiteres auch die Entstehung desselben an seinem Fundorte abzuleiten.

4. Man könnte dagegen geneigt sein die weite Verbreitung des Fermentes durch den thierischen Körper allein auf Rechnung seiner Diffundirbarkeit zu setzen. Aber bei diesem Unternehmen würde es der Erklärung Schwierigkeiten bieten, warum die Krystalllinse so ausnahmslos frei von dem Fermente gefunden wird, obwohl das letztere in reichlicher Menge dem Glaskörper zukommt. Dieser Widerspruch veranlasste mich eine Angabe *Cl. Bernards* *) genauer zu prüfen, nach welcher der zuckererzeugende Körper in Folge einer Umsetzung von eiweissartigen Stoffen entstehen sollte. Die wesentlichste der Thatsachen, welche *Cl. Bernard* für seine Ansicht vorbringt, lässt sich leicht bestätigen. Wird wohlausgewaschener Blutfaserstoff in Wasser vertheilt und mit diesem einige Tage bei der sommerlichen Luftwärme sich selbst überlassen, so besitzt das abfiltrirte Wasser die Zucker bildenden Eigenschaften in sehr ausgeprägter Weise. Das Wasser hat jedoch, wie schon *Cl Bernard* bemerkt, diese Befähigung nicht mehr, wenn eine deutliche durch den Geruch zu erkennende Fäulniss eingetreten ist. — Eine andere von *Cl. Bernard* an dem Hundespeichel beobachtete Thatsache fand ich für den Speichel des Menschen dagegen nicht bestätigt. Nach ihm gewinnt der ursprünglich wirkungslose oder nur sehr schwach

*) Leçons de physiologie expérimentale tom. II. Cours du semestre d'été 1855. Paris 1856. p. 159—167; 373—376.

wirksame Hundespeichel die diastatische Befähigung dadurch, dass man ihn während einiger Tage an der Luft stehen lässt. Als ich einen ähnlichen Versuch mit dem Mundspeichel des Menschen ausführte, stellte sich keine Steigerung seiner diastatischen Wirkung ein. Gleiche Quantitäten frischen Speichels wandelten gerade soviel gekochten Amylons in Zucker um, als dieses von einer gleich grossen Portion desselben Speichels geschah, der zwei, vier, acht, sechszehn Stunden an der Luft gestanden hatte. Demgemäss müsste man annehmen, dass der frische Speichel des Menschen, im Gegensatz zu dem des Hundes, keinen Stoff mehr enthielte, welcher bei seiner Umsetzung ein Ferment zu liefern vermöchte.

Da ich in der frischen Krystalllinse eine Masse kennen gelernt hatte, welche im frischen Zustande sowohl als auch nach Behandlung mit Alkohol durchaus keine fermentirenden Eigenschaften besass, so hielt ich sie für sehr geeignet die von *Cl. Bernard* ausgesprochene Behauptung zu bestätigen. Dieses ist denn auch vollkommen gelungen. Zwei Linsen des Hundes bewahrte ich in einer gut verstopften Flasche bei der Sommertemperatur vier Tage lang auf und fügte dann amylonhaltiges Wasser zu ihnen. Nachdem so die Flasche zwei Tage auf Eis gestanden, ward in der Flüssigkeit eine beträchtliche Menge Zucker gefunden.

Diese Erfahrungen warfen auf die früher mitgetheilten Beobachtungen über den Fermentgehalt verschiedener Organe ein neues Licht; jedenfalls war es jetzt nöthig die Beobachtungen mit besondern Vorsichtsmaassregeln von Neuem zu wiederholen.

Zu diesem Ende nahm ich die beiden m. gastrocnemii des Frosches, legte den einen so rasch wie möglich auf Eis, den andern dagegen bewahrte ich einige Stunden bei gewöhnlicher Temperatur auf. Darauf zerschnitt ich beide rasch in gröbere Stücke und legte jeden in ein Glas, welches Wasser und aufgequollenes Amylon enthielt. Nachdem beide Gläser einige Stunden im Eiskasten gestanden, lieferte die Flüssigkeit, in welcher der von Anfang an abgekühlte Muskel gelegen nur Spuren, die andre dagegen eine sehr reichliche Menge von Zucker. — Eine Modification des Verfahrens führte zu demselben Ergebniss. Durch die Aorta eines Frosches spritzte ich eine Kochsalzlösung von 0,7 p. c., welcher gekochtes Amylon beigemengt war. Nachdem das Blut ausgewaschen ward die Haut von den hintern Glied-

maassen abgezogen und die eine derselben auf Eis gelegt, während die andre über Nacht im Zimmer stehen blieb. Am andern Morgen reagirten die Muskeln der ersteren Extremität noch alkalisch, und in ihrem alkoholischen Extracte, das auf das sorgfältigste bereitet, abgedampft und dann wieder gelöst war, fand sich kein Zucker. Die Muskeln der Extremität dagegen, welche der Zimmerwärme ausgesetzt waren reagirten sauer, und durch Alkohol konnte ihnen eine sehr merkliche Menge von Zucker entzogen werden.

Ein ähnliches Resultat gab mir der Glaskörper. Ich brachte denselben unmittelbar aus dem Auge des obengedachten Thiers in Alkohol. Andern Tags ward der Alkohol durch Filtration und Verdampfung entfernt, der in Wasser wieder aufgequollene und gelöste Rückstand ward in amylonhaltigem Wasser vertheilt auf Eis gestellt. Nach mehreren Stunden enthielt auch jetzt die Flüssigkeit keinen Zucker.

Die zuerst erwähnten Versuche, in welchen bei gewöhnlicher Temperatur Organstückchen mit Wasser und aufgequollenem Amylon in Berührung kamen, gewinnen nach dem soeben Mitgetheilten eine wesentlich andere Bedeutung. Denn jetzt wird es wahrscheinlich, wenn nicht gewiss, dass das Ferment, welches bis dahin an den verschiedenen Orten als schon vorgebildet angenommen wurde, sich dort erst während der Versuche gebildet hat. Aber trotz dieser neuen Auffassung behalten sie ihren Werth, da es nicht ohne Bedeutung sein kann, dass sich unter sonst gleichen Bedingungen in den verschiedenen Organen desselben Thieres das Ferment entweder nicht mit gleicher Geschwindigkeit oder überhaupt in ungleicher Menge bildet.

ÖFFENTLICHE GESAMMTSITZUNG

AM 12. DECEMBER 1870

ZUR FEIER DES GEBURTSTAGES SEINER MAJESTÄT DES KÖNIGS.

Dr. J. J. **Müller**, *Ueber eine neue Ableitung des Hauptsatzes der Psychophysik.* Vorgelegt von *C. Ludwig.*

Der psychophysische Hauptsatz, welcher die Proportionalität zwischen Empfindung und Logarithmus des Reizes ausdrückt, ist eine unmittelbare Ableitung aus den in dem *Weber*'schen Gesetze zusammengefassten Thatsachen.[1]) Seine Richtigkeit ist daher sofort evident; dagegen fehlt die Einsicht in seine Nothwendigkeit. Bei den Organismen wirft nun die Zweckmässigkeit neues Licht auf die Gesetze ihrer Functionen. Dementsprechend soll hier der genannte Hauptsatz aus den Bedingungen abgeleitet werden, welche aus der Forderung der möglichst vortheilhaften Folgen für den Organismus entspringen. Schon Hr. *Fechner* macht auf solche Beziehungen des Satzes aufmerksam. Das Unmerklichwerden jedes Reizes, wenn er unter eine gewisse Grenze fällt, sichert uns einen von fremdartigen Perceptionen ungestörten Zustand und das Unmerklichwerden jedes Reizunterschiedes, wenn er unter eine gewisse Grenze fällt, einen gleichförmigen Zustand der Perception. Ja ohne die Thatsache der Schwelle wäre die innere Psychophysik »was ein Organismus ohne Abschnitte, Einschnitte, hiemit ohne Organe und Glieder«.[2])
Die folgende Ableitung des Satzes macht nun ein ähnliches Princip gerade zu ihrem Ausgangspunct.

Unsere Wahrnehmungen und Vorstellungen, zu denen die Empfindungen Veranlassung geben, sind Symbole äusserer Objecte, welche wir zur Regelung unserer Bewegungen und Hand-

---

1) *E. H. Weber*, Tastsinn und Gemeingefühl, S. 559. *Fechner*, Psychophysik II. 9. 38.

2) *Fechner*, Psychophysik I. 249. II. 438.

lungen benützen. [1]) Sie sind aber nur zum Theil bestimmt durch die äusseren Objecte, zum andern Theil bestimmen sie die Organe, auf welche letztere einwirken. Nun scheint eine Variabilität in dem Zustande dieser Organe nothwendig zu sein: vor der anhaltenden und intensiven Erregung schützt sich das Organ selber durch das Einleiten einer Abstumpfung der Erregbarkeit schon während der Einwirkung des Reizes. Jedenfalls ist es eine Thatsache, dass Ermüdung und Erholung, Verminderung und Erhöhung der Erregbarkeit in stetigem Wechsel auf einander folgen. Dies bedingt bei constantem Reize eine fortwährende Aenderung der Empfindung, die ebenso gut bei constanter Erregbarkeit durch Aenderung des Reizes hervorgerufen sein könnte. Daraus entspringt für das Bewusstsein die Forderung zu unterscheiden, welche von diesen Aenderungen der Empfindung Aenderungen des äusseren Objects und welche von ihnen Aenderungen des eigenen Zustandes angehören. Empfindungsunterschiede, welche bei gleicher Erregbarkeit von verschiedenen Reizen bedingt sind, müssen also als von äusseren Ursachen und Verschiedenheiten, welche bei gleichem Reize durch verschiedene Erregbarkeit in der Empfindung hervorgebracht sind, als von diesen innern Ursachen herrührend erkannt werden. Dies verlangt, dass der durch Verschiedenheit der Reize bedingte Empfindungsunterschied unabhängig ist von der Erregbarkeit und der durch Verschiedenheit der Erregbarkeit bedingte Empfindungsunterschied unabhängig vom Reize. Denn wird unter diesen Voraussetzungen bei constantem Reizunterschiede die Erregbarkeit geändert, so bleibt der Empfindungsunterschied doch constant, woraus das Bewusstsein schliesst, dass er eben nicht der Verschiedenheit der Erregbarkeiten, sondern der constanten Verschiedenheit der äussern Reize angehört. Und wird umgekehrt bei zwei gegebenen Graden der Erregbarkeit der äussere Reiz geändert, so bleibt der Empfindungsunterschied doch derselbe, was eben nur möglich ist, wenn er durch die constante Verschiedenheit der Erregbarkeit bedingt ist. — Setzen wir nun den Zusammenhang zwischen Nervenerregung und Reizintensität und den zwischen Nervenerregung und Erregbarkeit als bekannt voraus, so fragt es sich, was fordert diese doppelte Unabhängigkeit der Empfindungsunterschiede

1) *Helmholtz*, physiol. Optik 443.

hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen Empfindungsintensität und psychophysischer Bewegung?

Nach den Untersuchungen des Hrn. *Fick* erfolgt das Wachsen der Muskelarbeit proportional dem Wachsen des Reizes, innerhalb eines bestimmten Reizintervalles. Dabei bleiben die vermittelnden Abhängigkeiten der Muskelarbeit von der Nervenerregung und der Nervenerregung vom Reize unbestimmt. Aus der grossen Einfachheit der beobachteten Function lässt sich aber schliessen, dass das Wachsen der Nervenerregung ebenfalls proportional ist dem Wachsen des Reizes. Eine Reihe von Gründen, die in der Verschiedenheit des moleculären Baues von Muskel und Nerven liegen, bietet weiter der Annahme Berechtigung, dass die in dem Zusammenhang zwischen Muskelarbeit und Reiz liegende Unstetigkeit begründet ist in der Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Nervenerregung, dass also die Nervenerregung selber proportional dem Reize ist. [1]) Wenn also ν die Intensität der Nervenerregung und r die des Reizes bedeuten, so ist

$$\nu = c \, . \, r \quad \ldots\ldots \quad (a)$$

wo c eine Constante ist. Wenn auch dieser Zusammenhang nicht für den ganzen Verlauf der Function als gültig hingestellt werden darf, so darf doch eine Unstetigkeit für die weitere Betrachtung unberücksichtigt bleiben, wenn letztere auf das Reizintervall, wo eine solche nicht auftritt, eingeschränkt wird.

Die Ermüdungserscheinungen sind hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von der Reizstärke an der Retina untersucht. Sie genügen hier dem folgenden Satz: »Die Ermüdung der Sehnervensubstanz beeinträchtigt die Empfindung neu einfallenden Lichtes in dem Verhältniss, als wäre die objective Intensität dieses Lichtes um einen bestimmten Bruchtheil ihrer Grösse vermindert.« [2]) Hr. *Helmholtz* schloss dies aus dem Umstande, dass die negativen Nachbilder bei steigender Helligkeit des reagirenden Lichtes so lange deutlicher werden, bis diese Helligkeit etwa den Grad erreicht hat, wo Verminderung der Lichtstärke um kleine Bruchtheile ihrer ganzen Grösse am besten wahrgenommen wird. Durch messende Versuche bestätigte

1) *Fick*, Untersuchungen über electrische Nervenerregung 1—21.

2) *Helmholtz*, physiol. Optik 362.

C. F. Müller später die Richtigkeit dieses Satzes. Bei verschiedener Tageshelligkeit die subjective Helligkeit eines weissen Papiers, das eine Zeit lang fixirt war, vergleichend mit derjenigen eines dunkleren Papiers, das am Ende jener Beobachtungszeit mit einer nicht ermüdeten Netzhautstelle momentan betrachtet wurde, fand *Müller*, dass die verhältnissmässige scheinbare Herabsetzung der objectiven Helligkeit unabhängig ist von der absoluten Helligkeit. [1]) In Verbindung mit dem Satze (a) sagt dies: Die Ermüdung der Netzhaut besteht in einer solchen Verminderung der Erregbarkeit des Sehnerven, dass das Verhältniss der anfänglichen Erregungsintensität zur späteren Erregungsintensität für eine bestimmte Ermüdung constant, d. h. unabhängig von der absoluten Stärke der Erregung ist. Wäre die volle Allgemeinheit dieser Beziehung erwiesen, so liesse sich der Satz aussprechen: Die relative Aenderung der Nervenerregung bei Aenderung der Erregbarkeit, d. h. das Verhältniss je zweier e i n e m Reize entsprechender Erregungsintensitäten in zwei gegebenen Stadien der Erregbarkeit ist constant, d. h. unabhängig von der absoluten Stärke der Erregung und nur für verschiedene Paare von Erregbarkeitsstadien verschieden. Die Prüfung dieser Verhältnisse ist eine Aufgabe der allgemeinen Nervenphysiologie.

Im Folgenden soll diese allgemeine Richtigkeit vorausgesetzt sein. Aus ihr folgt, dass die relative Aenderung der Erregung das Maass für die Aenderung der Erregbarkeit wird. Dann kann der obige Satz auch so gefasst werden: Die Nervenerregung ist bei constantem Reize proportional der Erregbarkeit. Es ist also, wenn ϱ die Erregbarkeit und k eine Constante bedeuten,

$$\nu = k \,.\, \varrho \quad \ldots\ldots \quad \text{(b)}$$

Die Unabhängigkeit eines von zwei verschiedenen Reizen bedingten Empfindungsunterschiedes von der Erregbarkeit wurde oben als Forderung hingestellt. Zum Vergleiche derselben mit der Wirklichkeit liegen Messungen des Hrn. *Fechner* vor im Felde der Gewichtsversuche. [2]) Diese Messungen fielen ganz im Sinne der geforderten Unabhängigkeit aus, so dass man

1) *C. F. Müller*, Versuche über den Verlauf der Netzhautermüdung. Mittheil. aus d. Züricher Laborat. I. 78.

2) *Fechner*, Psychophysik I. 304 ff.

geneigt sein könnte, letztere als eine wirklich vorhandene Erscheinung anzusehen. Die analog geforderte Unabhängigkeit eines von zwei verschiedenen Erregbarkeitsstadien bedingten Empfindungsunterschiedes von der Reizstärke verlangt, dass eine absolute Aenderung der Empfindung beim Uebergang aus einem Stadium der Erregbarkeit in ein zweites für alle Reize dieselbe sei. So viel mir bekannt ist, existiren über diese Frage noch keine Versuchsreihen.

Im Folgenden sollen die genannten Sätze nur als Forderungen hingestellt sein, d. h. es soll sein

$$\frac{de_r}{d\varrho} = \frac{de_\varrho}{dr} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (c)$$

wenn mit e_r der durch blose Reizverschiedenheit erzeugte bewusste Empfindungsunterschied und mit e_ϱ der durch blose Aenderung der Erregbarkeit hervorgerufene bezeichnet wird.

In der Ableitung des Hauptsatzes gehe ich nun von dem Grundsatze [1]) aus, dass jeder psychophysischen Bewegung ein psychischer Vorgang entspreche; ob dieser psychische Vorgang für das Individuum zu einem bewussten werde, oder aber unbewusst bleibe, das hat mit seinem Wesen gar nichts zu thun. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass, sobald die psychophysische Bewegung den Werth Null überschreitet, auch der psychische Vorgang schon einen endlichen Werth habe. — Weiter noch nehme ich an, dass der psychische Process da, wo er nicht bewusst ist, nach denselben Gesetzen vor sich geht, wie da, wo er bewusst ist. Dies soll in's Besondere für die Abhängigkeit seiner Intensität von der Intensität der psychophysischen Bewegung gelten. Für die Empfindungen bietet die Uebereinstimmung der Resultate, welche Hr. *Fechner* nach der Methode der richtigen und falschen Fälle erlangt hat, mit denen, welche die *Weber*sche Methode der eben merklichen Unterschiede liefert, eine Stütze für diese Annahme. Sie mag daher als eine gerechtfertigte erscheinen.

Im Folgenden bezeichne:

ε die Intensität des durch den sensiblen Nerven hervorgerufenen psychischen Processes, der allgemein Empfindung

---

1) Vergl. *Fechner*, Psychophysik I. 238. II. 428. 82. — *Helmholtz*, physiol. Optik 449. Vorträge II, 92. Ueber das Sehen des Menschen 33.

heissen mag, ε_1 und ε_2 seien zwei solche Intensitäten mit dem Unterschied η;

ν die Intensität der Nervenerregung, m und n die beiden speciellen Werthe derselben, welche den Empfindungen ε_1 und ε_2 entsprechen;

r die Intensität des Reizes, a und b die beiden Reizwerthe, welche bei einer gegebenen Erregbarkeit die Erregungen m und n erzeugen;

ϱ die Erregbarkeit, α und β zwei Werthe derselben, welche bei gegebenem Reize die Erregungen m und n bedingen.

Dann ist, unter Φ eine Function verstanden

$$\varepsilon = \Phi(\nu).$$

Wird diese Function nach ν differentiirt und der Differentialquotient erster Ordnung mit $\varphi(\nu)$ bezeichnet, so lässt sich diese Gleichung auch so schreiben:

$$\varepsilon = \int \varphi(\nu) d\nu + C.$$

Nun ist die Nervenerregung eine Function des Reizes r und der Erregbarkeit ϱ, die nach (a) und (b) die Form hat

$$\nu = c \,.\, r\varrho,$$

ein Ausdruck, der bei passender Wahl der Einheit übergeht in

$$\nu = r\varrho.$$

Durch Substitution dieses Werthes in den Ausdruck für ε nimmt dieser die Form an

$$\varepsilon = \int \varphi(r\varrho) d\nu + C.$$

Ein Empfindungsunterschied wird nun allgemein sein

$$\eta = \Phi(m) - \Phi(n) = \int_n^m \varphi(r\varrho) d\nu.$$

Der specielle Empfindungsunterschied η_r, der bei einer gegebenen Erregbarkeit durch die zwei Reize a und b bedingt ist, wird

$$\eta_r = \int_a^b \varphi(r\varrho)\varrho dr$$

und der specielle Empfindungsunterschied η_ϱ, der bei gegebenem Reize durch die zwei Erregbarkeitsstadien α und β bedingt ist,

$$\eta_\varrho = \int_\alpha^\beta \varphi(r\varrho) r d\varrho.$$

Der erste dieser Werthe wird im Allgemeinen eine Function der Erregbarkeit und der letztere eine Function des Reizes sein. Es soll nun gefordert sein, dass diese Werthe unabhängig von diesen Grössen werden, d. h. es soll

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\eta_r}{d\varrho} &= \frac{d}{d\varrho}\int_a^b \varphi(r\varrho)\varrho dr = 0 \\ \frac{d\eta_\varrho}{dr} &= \frac{d}{dr}\int_\alpha^\beta \varphi(r\varrho) r d\varrho = 0 \end{aligned}\right\} \ldots (c').$$

Dies verlangt successive, dass

$$\varphi(r\varrho) = \frac{1}{\varrho}\varphi(r) \quad \text{und} \quad \varphi(r\varrho) = \frac{1}{r}\varphi(\varrho),$$

was sich beides in der Bedingungsgleichung vereinigt

$$\varphi(r\varrho) = c\frac{1}{r \cdot \varrho} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (\alpha)$$

Wird jetzt dieser Werth in den Ausdruck für die Empfindung eingeführt, so resultirt

$$\varepsilon = c\int^\nu \frac{1}{r\varrho} d\nu + C = c \log(r\varrho) + C = c\log(\nu) + C \qquad \text{(I)}$$

Wird ν_0, der Schwellenwerth der Nervenerregung, welcher der Gleichung $C = -c \log \nu_0$ genügt, zur Einheit gewählt, so fällt der Ausdruck für ε noch einfacher aus

$$\varepsilon = c \log \nu \quad \ldots\ldots (I')$$

Der allgemeine Ausdruck (I) geht für den speciellen Fall

constanter Erregbarkeit, welche der Hauptsatz der Psychophysik voraussetzt, über in

$$\varepsilon_r = k\int_1^r \frac{1}{r}\,dr = k\log r + C \;\ldots\; \text{(A)}$$

Wird r_0, der Schwellenwerth des Reizes, hierin $= 1$ gesetzt, so erhält man die zu (I′) analoge Form

$$\varepsilon_r = k\log r \;\ldots\ldots\; \text{(A}'\text{)}$$

Diese Beziehungen gelten alle für die Empfindung im allgemeinen Sinne des Wortes und sie beruhen auf der Gültigkeit der Gleichung (c′). Es soll jetzt unter Uebergang zur bewussten Empfindung untersucht werden, welche Bedeutung diese Gleichung hier gewinnt.

Die Intensität, welche das Bewusstsein der Empfindung beilegt, sei e. Es muss dann angenommen werden, dass diese Intensität des bewussten Vorgangs derselben Function der Nervenerregung genügt, wie die Intensität ε des unbewussten, dass also ε nur eine gewisse Intensität ε' überschreiten muss, um bewusst zu werden. Wir können ε' den Schwellenwerth des psychischen Vorganges nennen. Nach diesen Voraussetzungen ist

$$e = \varepsilon - \varepsilon' \;\ldots\ldots\; (\beta)$$

Für den Unterschied zweier bewusster Empfindungen e_1 und e_2 folgt hieraus

$$e_1 - e_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \eta.$$

Tritt auch dieser Unterschied in's Bewusstsein, so heisse er bewusster Empfindungsunterschied und die ihm vom Bewusstsein beigelegte Grösse sei $\mathfrak{e}$. Es ist alsdann wieder, wenn η' den Werth bezeichnet, welchen η überschreiten muss, um bewusst zu werden,

$$\mathfrak{e} = \eta - \eta' \;\ldots\ldots\; (\beta')$$

Nach Gleichung (c) muss nun sein

$$\frac{de_r}{d\varrho} = \frac{d}{d\varrho}(\eta - \eta')_r = 0$$

$$\frac{de_\varrho}{dr} = \frac{d}{dr}(\eta - \eta')_\varrho = 0.$$

In diesen Ausdrücken ist η' eine Grösse, die weder von r noch von ϱ abhängt, die also für die Differentiation als Constante zu betrachten ist, wenn sie auch in Wirklichkeit mit der Lebhaftigkeit des Bewusstseins variirt. Damit also (c) besteht, muss

$$\frac{d\eta_r}{d\varrho} = \frac{d\eta_\varrho}{dr} = 0$$

Dies sind aber die Gleichungen (c'). Es führt also die Bedingung, dass die bewussten Empfindungsunterschiede unabhängig seien von der Erregbarkeit der nervösen Organe, wenn sie durch zwei verschiedene Reize hervorgerufen sind, und unabhängig von den Reizgrössen, wenn sie durch Verschiedenheit in der Erregbarkeit bedingt sind, die weitere Bedingung mit sich, dass die Unterschiede in den psychischen Empfindungsvorgängen überhaupt diese Unabhängigkeit besitzen. Wenn daher oben die Gleichungen I, I', A und A' aus der letzteren Bedingung (c') abgeleitet wurden, so ist dies so viel, als wären sie aus der Bedingung (c) selber abgeleitet.

Zu Folge (β) kommt nun aus Gleichung (I') wenn ν' die zu ε' gehörige Nervenerregung bedeutet

$$e = c \log \frac{\nu}{\nu'} \quad \ldots\ldots \quad \text{(II)}$$

oder wenn ν' zur Maasseinheit der Grössen ν gemacht wird

$$e = c \log \nu \quad \ldots\ldots \quad \text{(II')}$$

Aus Gleichung (A) ergeben sich analog die Gleichungen

$$e = c \log \frac{r}{r'} \quad \ldots\ldots \quad \text{(B)}$$

und, wenn $r' = 1$ gesetzt wird

$$e = c \log r \quad \ldots\ldots \quad \text{(B')}$$

Die letztere Formel drückt den psychophysischen Hauptsatz aus. Dieser ergiebt sich also als eine Consequenz aus dem Principe der praktischen Wahrheit unserer Wahrnehmungen und Vorstellungen. — Abweichungen des Hauptsatzes von der Wirklichkeit werden ihre Ursache in Abweichungen der Formeln (a), (b) und (c) von den wirklichen Vorgängen haben.

Leipzig, im December 1870.

F. Zöllner, *Ueber die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken.*

Es ist mehrfach versucht worden, die merkwürdige Thatsache der Periodicität in der Häufigkeit und Entwickelung der Sonnenflecken durch extrasolare Einflüsse zu erklären, unter denen die Einwirkung gewisser Planeten-Constellationen die bekannteste Hypothese ist.

Ein Versuch, jene Periodicität aus der Natur und physischen Beschaffenheit der Sonnenoberfläche auf Grund bekannter physikalischer Gesetze zu erklären, ist meines Wissens noch nicht gemacht worden, obschon unsere gegenwärtigen Kenntnisse, wie ich in Folgendem zu zeigen hoffe, ausreichend sind, um einen derartigen Versuch zu rechtfertigen.

Nach der von mir vertheidigten Ansicht über die Natur der Sonnenflecken sind dieselben schlackenartige Producte [1]) localer Abkühlungen auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche. Durch den unzweifelhaft eruptiven Character einer grossen Anzahl von Protuberanzgebilden wird die Annahme einer tropfbarflüssigen Oberfläche des Sonnenkörpers wesentlich gestützt, wenn nicht nothwendig gefordert, wie ich dies in einer früheren Abhandlung »über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne« [2]) ausführlicher erörtert habe. Ueber dieser glühenden Flüssigkeit lagert eine glühende Atmosphäre, die einen Theil der die Flüssigkeit constituirenden Stoffe im gas- oder dampfförmigen Zustande enthält.

Die Beschaffenheit dieser Atmosphäre muss die Intensität

---

1) *Emile Gautier*, de la constitution du Soleil. Archives de Genève T. XVIII. p. 209. T. XIX. p. 265. T. XXIV. p. 21, 1869. Août.

2) Berichte der königl. sächs. Gesellschaft d. W. Sitzung vom 2. Juni 1870. p. 103 ff.



der Wärmeausstrahlung der von ihr eingehüllten Sonnenoberfläche in ähnlicher Weise beeinflussen, wie die Beschaffenheit der irdischen Atmosphäre die Wärmeausstrahlung der erwärmten Erdoberfläche beeinflusst. Ist nämlich die Atmosphäre unserer Erde ruhig und wolkenfrei, so ist die durch nächtliche Ausstrahlung erzeugte Temperaturerniedrigung am stärksten und als Resultate dieser Ausstrahlung bilden sich je nach der Temperatur Thau oder Reif.

In analoger Weise muss die Temperaturerniedrigung der glühendflüssigen Sonnenoberfläche durch Ausstrahlung an denjenigen Stellen am bedeutendsten sein, wo die darüber befindliche Atmosphäre möglichst ruhig und klar ist. An solchen Stellen wird sich die eingetretene Temperaturerniedrigung bei hinreichender Grösse auch durch eine Verminderung der Leuchtkraft bemerkbar machen und hierdurch einem entfernten Beobachter die Erscheinung eines dunklen Fleckes darbieten müssen.

Sind nun aber durch diesen Vorgang, der sich offenbar unter den erwähnten Bedingungen an verschiedenen Stellen gleichzeitig vollziehen kann, Temperaturverschiedenheiten auf der flüssigen Sonnenoberfläche eingetreten, so müssen sich dieselben, theils durch veränderte Ausstrahlung, theils durch Berührung und Leitung, der darüber lagernden Atmosphäre mittheilen und hierdurch in derselben nothwendig Gleichgewichtsstörungen hervorrufen.

Wie diese Störungen an den Grenzen der Sonnenflecken die Form von Wirbelwinden annehmen — nach Analogie unserer Land- und Seewinde — und hierdurch zur Bildung von wolkenartigen Condensationserscheinungen Veranlassung geben, welche in einer gewissen Höhe die Küsten jener Schlackeninseln umkränzen und uns als Penumbren erscheinen, habe ich bereits im vergangenen Jahre an einem anderen Orte entwickelt. [1]) Für die vorliegenden Betrachtungen ist es nur nothwendig zu berücksichtigen, dass die in der beschriebenen Weise erzeugten Bewegungen in der Sonnenatmosphäre gerade diejenigen Bedingungen wieder aufheben, welche oben zu einer möglichst starken Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung als noth-

1) Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft. IV. p. 172 ff.

wendig erkannt wurden: nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre.

Die Ausstrahlung und die durch sie vermittelte Temperaturerniedrigung wird also beim Beginn der erwähnten Bewegungen durch Trübungen der Atmosphäre gehemmt und die abgekühlten Stellen können sich unter dem Einflusse dieser Hemmung allmälig wieder erwärmen, theils durch Berührung mit den darunter befindlichen heisseren Theilen der glühenden Flüssigkeit, theils von oben durch Berührung mit den von heisseren Stellen herbeiströmenden Gasmassen. Haben sich durch diesen Process die durch Ausstrahlung entstandenen Temperaturdifferenzen wieder ausgeglichen, so sind hierdurch auch die Sonnenflecken aufgelöst worden und es tritt in der Atmosphäre allmälig wieder jener ursprüngliche Gleichgewichtszustand ein, der von Neuem diejenigen Bedingungen herstellt, welche eine Wiederholung des geschilderten Vorganges herbeiführen können.

Es folgt aus dieser Betrachtung, dass jeder einzelne Sonnenfleck den Bedingungen seiner Bildung und Auflösung gemäss nothwendig den Character eines Intermittenzphänomens trägt; aber sowohl der Eintritt wie die Dauer dieses Phänomens müssen mit Berücksichtigung der mannigfachen Complication meteorologischer Processe zunächst als vollkommen zufällig angesehen werden. Je grösser im Allgemeinen die Verbreitungsbezirke der zur Fleckenentwickelung günstigen Bedingungen, also der atmosphärischen Ruhe und Klarheit, sind, desto grösser müssen auch die durch Ausstrahlung abgekühlten Stellen, nämlich die Sonnenflecke sein.

Da die Auflösung eines Fleckes nach der entwickelten Theorie wesentlich durch eine Ausgleichung der vorhandenen Temperaturdifferenzen bedingt ist, und diese Ausgleichung bei gegebener Leitungsfähigkeit und Beweglichkeit der sich berührenden Stoffe desto schneller vollendet sein muss, je kleiner die Ausdehnung der abgekühlten und wieder zu erwärmenden Masse ist, so muss die Dauer eines Fleckes aufs Engste mit seiner Grösse zusammenhängen. Ebenso nothwendig ist es, dass die Verbreitungsbezirke der Störungen, welche durch die Anwesenheit eines Fleckes erzeugt werden, um so grössere Dimensionen annehmen und sich in um so grösserer Entfernung von dem eigentlichen Sitze der störenden Ursache, nämlich dem be-

treffenden Flecke, bemerklich machen, je grössere Ausdehnung der Letztere hat.

Es folgt hieraus, dass in der Umgebung eines grossen und vollständig entwickelten Fleckes im Allgemeinen die Bedingungen zur Bildung anderer Flecke ungünstig sind, indem durch die vorhandenen Bewegungen der Atmosphäre einerseits die durch Ausstrahlung abgekühlten Stellen wieder mit andern, wärmeren Theilen der Atmosphäre in Berührung kommen, andrerseits diese Bewegungen Veranlassung zur Mischung verschieden warmer Theile der Atmosphäre untereinander geben und dadurch Condensationserscheinungen erzeugen, welche die Durchstrahlbarkeit der Atmosphäre in dem betrachteten Bezirke vermindern müssen.

Man kann demgemäss auf Grund der entwickelten Theorie allgemein den folgenden Satz aufstellen:

Ein Sonnenfleck übt innerhalb einer gewissen, von seiner Grösse abhängigen Entfernung, eine derartige Wirkung auf seine Umgebung aus, dass innerhalb dieses Bezirkes die fernere Bildung von Flecken verhindert oder erschwert wird.

Untersucht man ebenso die Bedingungen der Coëxistenz derjenigen Zustände der Sonnenatmosphäre, welche nach unserer Theorie die Bildung von Flecken begünstigen müssen — nämlich die Zustände der Ruhe und Klarheit — so zeigt eine einfache Betrachtung, dass diese Zustände, wenn sie an einer bestimmten Stelle längere Zeit hindurch wirksam sein sollen, — wie dies zur Erzeugung einer genügenden Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung erforderlich ist — auch nothwendig eine allgemeinere Verbreitung haben müssen.

Qualitativ walten hier ganz ähnliche Verhältnisse wie in unserer irdischen Atmosphäre ob; auch hier sind Zustände von längerer Dauer an einem bestimmten Orte nur möglich, wenn der Verbreitungsbezirk der sie bedingenden Ursachen eine grössere und allgemeinere Ausdehnung in der Atmosphäre hat.

Wenn wir daher an einer bestimmten Stelle der Sonnenoberfläche das Entstehen eines Fleckes beobachten und hieraus auf einen an dieser Stelle vor der Entstehung längere Zeit hindurch wirksam gewesenen Zustand relativer Ruhe und Klarheit der Atmosphäre schliessen müssen, so wird dieser Zustand nach den soeben angestellten Betrachtungen nicht nur auf die vom

Flecke eingenommene Stelle beschränkt gewesen sein, sondern auch noch innerhalb einer gewissen Entfernung in der Umgebung dieser Stelle vorausgesetzt werden müssen. Es werden folglich innerhalb dieses Verbreitungsbezirkes die Bedingungen zur gleichzeitigen Entstehung anderer Flecken günstiger und daher die Bildung der letzteren wahrscheinlicher als an entfernteren Stellen sein, so dass man allgemein den folgenden Satz aussprechen kann:

Diejenigen Zustände der Sonnenatmosphäre, welche an einer bestimmten Stelle die Bildung eines Fleckes bedingen, besitzen im Allgemeinen eine grössere Ausdehnung als der sich entwickelnde Fleck, so dass innerhalb des Verbreitungsbezirkes dieser günstigen Bedingungen die gleichzeitige Entstehung noch anderer Flecke wahrscheinlicher als an andern Stellen ist.

Durch diesen Umstand erklärt sich vielleicht ganz ungezwungen das Auftreten der Flecken in Gruppen; denn die Grösse der einzelnen Flecke hängt offenbar nicht nur von der Grösse der die Ausstrahlung vermittelnden klaren Stellen der Atmosphäre ab, sondern, ähnlich wie die Grösse unserer Eisschollen, auch von den Cohäsionsverhältnissen der Abkühlungsproducte und der Ruhe der Flüssigkeit, auf welcher dieselben schwimmen.

Die in beiden Sätzen enthaltenen Resultate lassen sich kürzer dahin aussprechen, dass in der Sonnenatmosphäre innerhalb einer gewissen Ausdehnung gleichartige Zustände sich begünstigen, ungleichartige sich hemmen oder ausschliessen. Hierdurch entsteht innerhalb der betrachteten Grenzen eine Tendenz zur Coëxistenz gleichartiger Zustände.

Solange diese Tendenz nur auf verhältnissmässig geringe Entfernungen von den betreffenden Stellen beschränkt bleibt, wie dies bei den bisherigen Betrachtungen vorausgesetzt wurde, muss jede einzelne Fleckengruppe als eine vollkommen isolirte, von andern Gruppen getrennte Erscheinung angesehen werden, deren Ort, Entstehung und Dauer gegenüber anderen Flecken durch relativ zufällige Umstände bedingt sind. Unter dieser Voraussetzung müsste daher die durchschnittliche Zahl und Grösse der gleichzeitig auf der ganzen Sonnenoberfläche

vorhandenen Flecken, nach Analogie eines meteorologischen oder statistischen Mittels, eine Constante sein, welche, wie alle derartige Constanten, durchschnittlich nur als ein besonderer Ausdruck für die innerhalb gewisser Grenzen als constant wirkenden mittleren Zustände der betrachteten Aggregate von Einzelerscheinungen aufzufassen ist. Abstrahirt man im vorliegenden Falle von dem numerischen Werthe dieser Constanten, nämlich der durchschnittlichen Zahl und Grösse der Sonnenflecken, und untersucht nur diejenigen Umstände, von welchen ihre Eigenschaft eine Constante zu sein, abhängt, so sind bei Ausschluss extrasolarer Einflüsse im Wesentlichen nur zwei Ursachen denkbar, durch welche sich jener Werth in eine mit der Zeit veränderliche Grösse verwandelt, nämlich:

1. eine Aenderung der mittleren Temperatur der Sonne,
2. eine gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Flecken bezüglich ihrer Entstehung, Dauer und Grösse.

Beide Ursachen können getrennt oder gemeinsam wirken; es mögen jedoch zunächst die Wirkungen jeder Ursache für sich unter Ausschluss der andern näher betrachtet werden.

In Betreff der ersten Ursache ist ohne Weiteres klar, dass wenn die Sonnenflecken Abkühlungsproducte sind, ihre durchschnittliche Zahl und Grösse ein bestimmter Ausdruck für das Abkühlungsstadium der Sonne sein muss, da alle andern Eigenschaften der letztern — ihre Masse und relative Quantität der chemischen Bestandtheile — unverändert bleiben. Mit Abnahme der Temperatur würde dann die durchschnittliche Menge der Abkühlungsproducte continuirlich bis zur Verdunkelung der ganzen Sonnenoberfläche wachsen, im entgegengesetzten Falle bis zum vollständigen Verschwinden der Flecken abnehmen müssen.

Die zweite Ursache, wie sie auch beschaffen sein mag, hebt diejenige Bedingung der einzelnen Fleckenerscheinungen auf, vermöge welcher sie bezüglich ihrer Entstehung Dauer und Grösse als relativ zufällige Erscheinungen zu betrachten sind. Nur unter dieser Voraussetzung kann aber den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit gemäss der Mittelwerth jener Grössen eine Constante sein. Folglich muss unter Einwirkung der zweiten Ursache jener Mittelwerth ebenfalls in eine mit der Zeit veränderliche Grösse verwandelt werden.

Ueber die besondere Beschaffenheit dieser Veränderlichkeit sind aber nur drei Annahmen möglich, nämlich:

1. der betrachtete Mittelwerth wächst continuirlich;
2. derselbe nimmt continuirlich ab;
3. derselbe oscillirt zwischen Maximis und Minimis.

Die beiden ersten Fälle würden unter der oben gemachten Voraussetzung über die Bedeutung der durchschnittlichen Zahl und Grösse der Flecken lediglich die Folge einer Aenderung des mittleren Temperaturzustandes der Sonne und zwar beziehungsweise einer Ab- oder Zunahme dieses Zustandes sein können. Nimmt man daher unserer Voraussetzung gemäss für die betrachteten Zeiträume jene Aenderungen der mittleren Temperatur der Sonne als verschwindend an, so bleibt für die allgemeine Beschaffenheit der Veränderung des fraglichen Mittelwerthes nur die dritte Möglichkeit übrig, nämlich der Character einer oscillirenden Function.

Die Dauer der einzelnen Oscillationen hängt wesentlich von denjenigen Ursachen und Bedingungen ab, vermöge welcher sie entstehen. Sind daher diese Umstände längere Zeit hindurch constant, so muss auch die Dauer der durch sie bedingten Oscillationen constant sein und hierdurch die durchschnittliche Zahl und Grösse der betrachteten Erscheinungen in eine periodische Function der Zeit verwandelt werden.

Um auf Grund der hier entwickelten Sätze die Periodicität in der Häufigkeit und Grösse der Sonnenflecken zu erklären, ist es, wie man sieht, nur erforderlich, eine derartige Beziehung zwischen den einzelnen Sonnenflecken anzunehmen, wie sie die zweite der betrachteten Ursachen verlangt. Zu diesem Zwecke bedarf es aber nur einer räumlich hinreichend grossen Ausdehnung der bereits oben für einzelne Bezirke der Sonnenatmosphäre abgeleiteten Tendenz zur Coëxistenz gleichartiger Zustände. Eine solche allgemeinere Ausdehnung der Gleichgewichtsstörungen in der Atmosphäre der Sonne ist nun nicht nur wahrscheinlich, sondern wird, wie ich glaube, durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt, welche zeigen, dass sich um die Zeit der Maxima der Flecken auf der ganzen Oberfläche der Sonne grosse Umwälzungen vollziehen, die sich unter Anderem auch in der Bildung und Beweglichkeit der sogenannten Fackeln manifestiren.[1] Es würde unter dieser Voraussetzung der

---

1) *R. Wolf,* Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. zu Zürich. Jahrgang XIII. Heft 2. p. 118.

Uebergang von einem Maximum zu einem Minimum der Sonnenflecken nichts anderes, als ein grosser, in der ganzen Sonnenatmosphäre gleichzeitig stattfindender Ausgleichungsprocess von Druck und Temperaturdifferenzen sein, die sich nach eingetretener Ruhe und Klarheit der Atmosphäre in Folge der hierdurch begünstigten Ausstrahlung von Neuem erzeugen und so die Wiederholung des ganzen Processes bedingen.

Die Dauer eines solchen Ausgleichungsprocesses wird bei durchschnittlich constanter Grösse der auszugleichenden Differenzen, im Wesentlichen von drei Umständen abhängen: nämlich von der Leitungsfähigkeit, Beweglichkeit und Masse derjenigen Körper, an welchen sich der Process vollzieht.

Im vorliegenden Falle würde offenbar die Auflösung der Flecken um so schneller von Statten gehen, je grösser die Leitungsfähigkeit der die Flecken bildenden Abkühlungsproducte und je grösser die Beweglichkeit der über diesen Producten lagernden Atmosphäre ist. Der Zustand atmosphärischer Ruhe und Klarheit, der nach vollendeter Auflösung die Bedingung zur Entstehung neuer Flecken ist, wird desto früher wieder eintreten, je kleiner die Masse der bewegten Luftmengen ist. Diese Masse würde aber im betrachteten Falle durch diejenige der gesammten Sonnenatmosphäre repräsentirt werden und daher constant sein müssen ebenso wie diese Constanz des mittleren Werthes für die beiden andern Grössen, die Leitungsfähigkeit und Beweglichkeit bei Berücksichtigung der ganzen Sonnenoberfläche innerhalb langer Zeiträume vorhanden sein wird. Wenn aber die wesentlichen Bedingungen einer Erscheinung constant sind, so müssen auch die wesentlichen der von ihnen bedingten Momente jener Erscheinung constant bleiben, und ein solches Moment ist im vorliegenden Falle die Zeit, welche zwischen einem Maximum und Minimum in der Zahl und Grösse der Sonnenflecken verfliesst. Andrerseits ist ersichtlich, dass im Laufe solcher Zeiträume, in denen die Abnahme der mittlern Temperatur der Sonne einen merklichen Einfluss auf die erwähnten Eigenschaften ausübt, auch die Periodendauer solche Aenderungen erleiden muss, welche bei fortdauernder Abkühlung continuirlich das Ende des ganzen

Phänomens durch die schliessliche Incrustirung des ganzen Sonnenkörpers herbeizuführen geeignet sind. [1])

Die bisherigen Betrachtungen erstreckten sich auf die Abhängigkeit der Anzahl und Grösse der Sonnenflecken von der Zeit. Die Beobachtungen haben jedoch gezeigt, dass eine solche Abhängigkeit auch bezüglich des Ortes stattfindet, indem sowohl in einer schmaleren Aequatorialzone als auch in höheren Breiten die Grösse und Zahl der Flecken eine geringere als an andern Orten ist. Ich glaube, dass sich auch diese räumliche Vertheilung der Flecken auf Grund der entwickelten Theorie in folgender Weise erklären lässt.

Die einzige uns genauer bekannte Ursache, welche eine Verschiedenheit zwischen den einzelnen Puncten der Sonnenoberfläche nach Massgabe ihrer heliographischen Breite bedingt, ist die Rotation des Sonnenkörpers. Durch diese Eigenschaft der Sonne werden jedoch nicht nur phoronomische sondern auch physische Unterschiede zwischen den einzelnen Theilen ihrer Oberfläche erzeugt, indem dadurch die Intensität der Schwere in eine Function der heliographischen Breite verwandelt wird, welche am Aequator ein Minimum besitzt. Diese Unterschiede der Gravitation sind von wesentlichem Einfluss auf die allgemeinen Bewegungen und Strömungen der Sonnenatmosphäre.

Zur näheren Bestimmung dieses Einflusses denke man sich eine ruhende, von einer Atmosphäre umgebene feste Kugel, deren Oberfläche überall von gleicher Beschaffenheit ist und stets auf einer so hohen constanten Temperatur erhalten wird, dass fortdauernd eine constante Wärmeausstrahlung stattfindet. Unter diesen Voraussetzungen wird sich mit der Zeit ein bestimmter Gleichgewichtszustand in der Atmosphäre herstellen; die Temperatur derselben wird theils durch Leitung theils durch Strahlung von der heissen Oberfläche in jeder concentrischen

1) Es mag in Kürze darauf hingewiesen werden, dass das wesentliche Princip der vorstehend für die Periodicität der Sonnenflecken gegebenen Erklärung auch allgemeinere Geltung hat und auf alle solche Erscheinungen anwendbar ist, welche durch das Zusammenwirken einer grösseren Anzahl von Einzelerscheinungen erzeugt werden. Besitzen letztere einen oscillatorischen oder intermittirenden Character und sind durch eine Tendenz zur Coëxistenz gleichartiger Zustände verbunden, — wie z. B. mehrere auf ein und demselben Brete befestigte Uhren — so muss im Allgemeinen das hieraus resultirende Summationsphänomen mit der Zeit einen periodischen Character annehmen.



Schicht constant erhalten. Es ist hierbei bemerkenswerth, dass der Antheil, welchen beide Ursachen an der Erwärmung der Atmosphäre haben, von der Temperatur der Kugeloberfläche abhängt, indem die bei niedriger Temperatur ausgesandten, sogenannten dunklen Wärmestrahlen im Allgemeinen viel stärker als die bei hohen Temperaturen ausgesandten leuchtenden Wärmestrahlen von diathermanen Körpern absorbirt werden. Auf der Sonne wird demgemäss der Einfluss der Wärmeleitung auf die Temperatur der Atmosphäre im Vergleiche mit dem Einfluss der Strahlung ein relativ grosser sein.

Ein zweiter, und für die gegenwärtigen Betrachtungen sehr wichtiger Umstand besteht darin, dass die durch Leitung in der Atmosphäre erzeugten Temperaturunterschiede nur mit einem labilen Gleichgewicht der übereinanderlagernden Luftschichten verträglich sind.

Um sich die Richtigkeit dieser Behauptung zu veranschaulichen, setze man bei der betrachteten Kugel an Stelle der Atmosphäre eine flüssige Umhüllung voraus, deren unterste Schicht durch Berührung mit der heissen Kugeloberfläche erwärmt, deren oberste durch Ausstrahlung abgekühlt wird. Die unteren Theile der Flüssigkeit haben alsdann vermöge ihres geringeren specifischen Gewichtes das Bestreben emporzusteigen. Da aber dieses Emporsteigen nur möglich ist, wenn an einer andern Stelle gleichzeitig ein Herabsteigen stattfindet, so wird bei der an allen Stellen der Kugel vorausgesetzten, vollkommenen Gleichheit der Bedingungen kein Grund vorhanden sein, weshalb an irgend einer Stelle dieses Auf- oder Herabsteigen der Flüssigkeit eher stattfinden sollte als an einer andern. Nach dem Satze vom zureichenden Grunde wird daher überhaupt keine Gleichgewichtsstörung stattfinden können, so lange nicht durch irgend eine, wenn auch noch so geringfügige Ursache, ein Unterschied zwischen zwei verschiedenen Puncten der Kugeloberfläche erzeugt wird. Nimmt man z. B. an, dass an irgend einer Stelle die Intensität der Schwere verändert wird, so muss das Gleichgewicht gestört werden und es wird nach dem *Archimedes*'schen Princip an den Stellen geringerer Schwere ein Emporsteigen an den andern Stellen ein Herabsteigen der Flüssigkeit stattfinden müssen.

Bei einer rotirenden Kugel sind nun derartige Unterschiede als Functionen des Abstandes vom Aequator vorhanden, und da an den Puncten des Letzteren die Intensität der Schwere ein

Minimum besitzt, so muss hier ein Emporsteigen der gleichmässig von unten erwärmten Flüssigkeits- oder Luftmassen stattfinden.

Die Geschwindigkeit des Emporsteigens und die Stärke der dadurch erzeugten Strömungen hängt wesentlich nur von den Temperaturdifferenzen und den hierdurch bedingten Unterschieden des specifischen Gewichtes der bewegten Massen ab. Die Grösse der Rotation spielt hierbei nur eine untergeordnete Rolle indem in dem oben betrachteten Beispiele offenbar schon die langsamste Rotation genügen würde, um bei der grossen Verschiebbarkeit der einzelnen Flüssigkeitstheilchen eine Störung des labilen Gleichgewichtes in dem erwähnten Sinne herbeizuführen.

Die Bewegungen, welche auf diese Weise in den flüssigen Umhüllungen einer von Innen erwärmten Kugel erzeugt werden, üben nun aber eine leicht ersichtliche Rückwirkung auf die Temperaturvertheilung der Kugeloberfläche selber aus. In den höheren Breiten sinken die zu beiden Seiten des Aequators abfliessenden oberen Ströme herab, nachdem sie auf diesem Wege einen Theil ihrer Wärme durch Strahlung verloren haben, welcher ihnen auf ihrem unteren Wege zum Aequator durch Berührung mit der heissen Oberfläche durch Leitung mitgetheilt wurde. Die polaren Regionen der rotirenden Kugel werden folglich stets von kühleren Theilen der strömenden Flüssigkeitsmassen bespült als die Aequatorialzonen, welche vorwiegend mit den auf ihrem Wege von den Polen bereits erwärmten unteren Strömungen in Berührung kommen. Hierdurch muss die Temperatur der Aequatorialzone erhöht, die der Polarzonen erniedrigt werden und auf diese Weise eine Temperaturvertheilung entstehen, welche für sich allein auch bei einer nicht rotirenden Kugel die angedeuteten Strömungen in demselben Sinne erzeugen müsste.[1])

1) *Secchi* hat mit Hülfe thermoskopischer Beobachtungen die Temperaturvertheilung auf der Sonnenoberfläche untersucht und gelangt durch Discussion seiner Beobachtungen zu folgenden, mit obigen Resultaten übereinstimmenden Ergebnissen: »Les régions équatoriales sont à une température plus élevée que les régions situées au delà du 30e degré de latitude et la différence est au moins de $\frac{1}{16}$.«

Vgl. *Secchi*, Le Soleil. Paris (1870) p. 133. Ausserdem Nuova ricerche sulla distribuzione del calore alla superficie solare. (*Tortolini*, Annal. sc. mat. e fis. IV. 1853.)





Untersuchen wir jetzt den Einfluss, welchen diese Strömungen auf die atmosphärischen Condensationserscheinungen ausüben, so ist zunächst als allgemeine Bedingung der letzteren die Temperaturerniedrigung bestimmter Theile der Atmosphäre hervorzuheben. Solche Temperaturerniedrigungen können in Folge der erwähnten Strömungen in doppelter Weise stattfinden, nämlich einerseits durch den aufsteigenden Luftstrom am Aequator, anderseits durch die Mischung der äquatorialen und polaren Strömungen in höheren Breiten. Im ersten Falle werden die emporsteigenden Luftmassen dem Einflusse der Wärmeleitung an der Oberfläche entzogen und erleiden ausserdem durch ihre Ausdehnung beim Emporsteigen in höhere Regionen der Atmosphäre eine Abkühlung, in Folge deren sich ein Theil ihrer gasförmigen Stoffe in Gestalt von Wolken ausscheiden muss. Diese Wolken brauchen indessen durchaus nicht eine so niedrige Temperatur zu besitzen, dass sie uns als dunkle Stellen erscheinen, vielmehr können sie mit Berücksichtigung der hohen Temperatur der Sonne nur aus Stoffen in glühendem Zustande bestehen, so dass sich derartige Condensationserscheinungen auf der leuchtenden Sonnenscheibe nur wenig oder gar nicht bemerklich machen werden. Dagegen halte ich es für wahrscheinlich, dass wir bei den noch warmen, grossen Planeten Jupiter und Saturn in den hellen Aequatorialstreifen die durch die Sonne beleuchteten Wasserdampfwolken des dort aufsteigenden Luftstromes beobachten.

Wir haben folglich in der Aequatorialzone und in den Regionen höherer Breiten auf der Sonnenoberfläche Gebiete vorwiegender atmosphärischer Trübungen, wogegen zwischen beiden Gebieten, analog den irdischen Passatzonen, die Orte relativer Klarheit liegen. Die Bedingungen zur Wärmeausstrahlung der glühendflüssigen Oberfläche müssen demgemäss an diesen Stellen im Durchschnitt günstiger als an andern sein und folglich auch die Entwickelung der Sonnenflecken, als Resultate dieser Ausstrahlung, hier begünstigen.

Die bisher betrachteten Gleichgewichtsstörungen der Sonnenatmosphäre, durch welche ihr die Bedingungen einer möglichst vollkommenen Durchstrahlbarkeit geraubt wurden, waren wesentlich durch Temperaturdifferenzen erzeugt. Seitdem jedoch das Spectroskop die beständige Anwesenheit zahlreicher und gewaltiger Eruptionen von glühenden Wasserstoffmassen aus dem

Innern der Sonne erwiesen hat, müssen offenbar auch diese Eruptionen als eine Quelle von localen Gleichgewichtsstörungen der Atmosphäre angesehen werden. Sollten daher fortgesetzte und genügend zahlreiche Beobachtungen eine Abhängigkeit der Häufigkeit und Stärke dieser Eruptionen von ihrer heliographischen Breite ergeben, wie dies durch die Beobachtungen *Respighi's* bereits angedeutet zu sein scheint, so könnte sich zwischen der Häufigkeit der Flecken und der eruptiven Protuberanzen bezüglich ihrer räumlichen Vertheilung ein gewisser Gegensatz herausstellen,[1] soweit derselbe nicht durch die bereits angeführten Ursachen einer verminderten Wärmeausstrahlung ausgeschlossen ist.

Die Resultate der vorstehenden Abhandlung lassen sich also kurz in folgenden Worten zusammenfassen:

Die Sonnenflecke sind schlackenartige, durch Wärmeausstrahlung auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche entstandene Abkühlungsproducte, welche sich in Folge der durch sie selber in der Atmosphäre erzeugten Gleichgewichtsstörungen wieder auflösen. Sind diese Störungen nicht nur locale, sondern allgemeiner verbreitete, so ist in Zeiten solcher allgemeiner atmosphärischer Bewegungen die Bildung neuer Flecken wenig begünstigt, weil alsdann der Oberfläche die wesentlichsten Bedingungen zu einer starken Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung fehlen, nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre. Erst wenn die Letztere nach Auflösung der Flecken allmälig wieder zur Ruhe gekommen ist, beginnt der Process von Neuem und erhält auf diese Weise, bei den durchschnittlich für lange Zeiträume als constant zu betrachtenden mittleren Verhältnissen der Sonnenoberfläche, einen periodischen Character. — Die räumliche Vertheilung der Flecken muss nach dieser Theorie durch die Zonen grösster atmosphärischer Klarheit bedingt sein, welche, wie gezeigt, im Allgemeinen mit den Zonen grösster Häufigkeit der Flecken zusammenfallen.

1) *Respighi*, Osservazioni del bordo e delle protuberanze etc. Bulletino meteorologico. Roma 28. Febr. 1870.

Jakob Worm Müller, *Ueber die Spannung des Sauerstoffs der Blutscheiben.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von d. w. Mitgl. *C. Ludwig.*

Mit 1 Tafel in Steindruck und 1 Holzschnitt.

§ 1.

Einleitung. Versuchsmethode.

Die Spannung des Sauerstoffs der Blutscheiben hat vor mir Professor *Fritkjof Holmgreen* untersucht. *) Er brachte frisches faserstofffreies Blut in die untere luftleer gemachte Kugel der *Ludwig*'schen Quecksilberpumpe und liess dieses bei gleichbleibender Temperatur dort so lange verweilen, bis ein passend angebrachtes Manometer kein weiteres Wachsthum des Drucks in dem Verdunstungsraume anzeigte. Nachdem somit die Abdunstung der Gase aus dem Blute vollendet war, analysirte er einen Theil der ausgeschiedenen Luft und berechnete aus der gefundenen procentischen Zusammensetzung derselben und dem gesammten Druck der trocknen Gasmassen den Partiardruck des Sauerstoffs. Da dieser Druck die weitere Abscheidung von Sauerstoff aus dem Hämoglobin des Blutes verhindert hatte, so konnte er als das Maass für die Spannung des Blutsauerstoffs gelten. Diese Versuche wurden bei zwei verschiedenen Temperaturen (bei 20° und 40° C.) und mit verschiedenen Blutarten (Arterien-, Venen-, Erstickungsblut) ausgeführt.

Eine Wiederholung und Fortsetzung dieser nur beiläufig ausgeführten Arbeit erscheint aus mehrfachen Gründen von Belang. Zunächst weil es wichtig ist zu erfahren, ob die Spannung des Sauerstoffs im arteriellen Blute nicht über 20 Mm. Hg. hinausgehe, wie er gefunden. Aus dieser Zahl würden sich für

*) Wiener Sitzungsberichte Bd. 48. J. 1863. pag. 646—648.

den Vorgang der Respiration interessante Folgerungen ableiten lassen. Zweitens ist es wichtig genug genauer zu erfahren, welche Aenderung die Spannkraft des Sauerstoffs der Blutscheiben mit dem verschiedenen Gehalte derselben an Sauerstoff erleidet. Hierüber geben *Holmgreens* Versuche nur unvollkommene Aufschlüsse, weil die Gasmengen, welche die Blutarten enthielten, nicht bestimmt wurden.

Aus diesen Gründen schien mir eine Bestätigung und Ergänzung der Beobachtungen von *Holmgreen* wünschenswerth. Nach dem eben Erörterten hat die Untersuchung darauf hinauszugehen

die Abhängigkeit der Sauerstoffspannung von dem Sättigungsgrade des Blutes mit Sauerstoff — bei möglichst constanten Temperaturen und Barometerdrücken — zu ermitteln; es muss also in jedem Versuche ausser dem Partiardruck des Sauerstoffs in der Luft die Dichtigkeit des Sauerstoffs in der Gewichtseinheit der Scheiben bestimmt werden.

Zu diesem Zweck wählte ich folgende zwei Versuchsweisen:

I. **Es wurde sauerstoffarmes Blut mit beschränkten** (d. h. zur Sättigung unzureichenden) **Volumina sauerstoffreicher Luft** (atmosphärischer Luft) **geschüttelt**; es dringt dann aus der letzteren in das erstere Sauerstoff ein, bis das Gleichgewicht zwischen dem Sauerstoff des Blutes und dem Sauerstoff der Luft hergestellt worden ist.

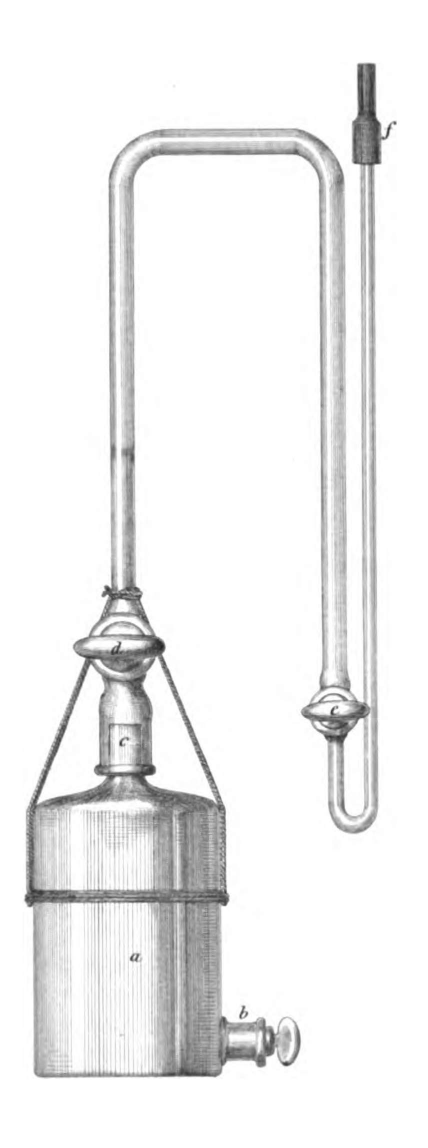
II. **Es wurde sauerstoffreiches Blut mit Stickstoff** ebenfalls bis zur Abgleichung des O-Drucks **geschüttelt.** In diesem Falle, wo ein sauerstoffreiches Blut in eine sauerstoffarme Atmosphäre kommt, bewegt sich der Sauerstoff in entgegengesetzter Richtung, jedoch wiederum nur so lange, bis der Sauerstoffgehalt der Luft auf einen gewissen Werth gekommen ist.

Nach der vollständigen Ausgleichung des Drucks wurde der Sauerstoffgehalt des Blutes und der Luft bestimmt.

Um die Ausgleichung der O-Spannung bei constanten Temperaturen und Barometerdrücken herbeizuführen, mussten gegebene Volumina von Luft und Blut in einem abgeschlossenen Raume bis zur Herstellung des O-Gleichgewichts geschüttelt worden. Dies geschah in sämmtlichen Versuchen nach einer und derselben Methode, nämlich folgendermaassen.

Der Raum, in welchem der Sauerstoffgehalt der Luft und



Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1870.
Zur Abhandlung v. W. Müller.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



des Blutes ausgeglichen wurde, befand sich in der auf der Tafel abgebildeten Flasche (*a*). Nahe über dem Boden derselben war die Tubulatur (*b*) eingelassen, welche durch einen sorgfältig eingeschliffenen Glaspfropf verschlossen werden konnte. Auf dem Hals (*c*) der Flasche (*a*) war ein ∽ förmiges Rohr mittelst einer an einem Ende befindlichen Erweiterung luftdicht aufgeschliffen; jenseits dieser Erweiterung bei *d* und *e* befanden sich in dem Rohre zwei sorgfältig gearbeitete Glashähne; das Röhrenstück, welches zwischen den beiden Hähnen liegt, ist beträchtlich weiter als dasjenige, welches sich vom Hahne *e* aus bis zum freien Ende erstreckt. Die Mündung dieses engen Rohrs konnte durch eine aufgebundene Kautschukröhre (*f*) und einen in sie eingesteckten Glaspfropfen luftdicht verschlossen werden. Um das Auseinanderweichen der einzelnen an einander gesteckten Stücke beim Schütteln zu vermeiden, wurden dieselben, in der Art wie es die Zeichnung sehen lässt, zusammengebunden.*) Diese Flasche sammt der ∽ förmigen Röhre wurden vor Beginn des Versuchs vollständig mit Quecksilber gefüllt und die beiden Hähne so gestellt, dass sie die Lichtung der Röhre abschlossen.

Nach dieser Vorbereitung wurde in die Flasche eine bekannte Menge von atmosphärischer Luft oder von Stickgas eingeführt. Dieses geschah von der Tubulatur *b* aus, die zu dem Ende unter Quecksilber getaucht wurde. War die Luft in sie übergeführt und nachträglich der Stopfen in der Tubulatur befestigt, so wurde die Flasche wieder auf den Tisch gestellt und der Hahn *d* geöffnet, damit sich das im weiten aufsteigenden Schenkel der ∽ Röhre befindliche Quecksilber gegen Luft austausche. Hiernach ward die Flasche geneigt, so dass das Quecksilber aus dem horizontalen und auch zum Theil aus dem absteigenden Schenkel der ∽ förmigen Röhre abfliessen und durch Luft ersetzt werden konnte. War dieses geschehen, so ward der Glaspfropf aus dem Kautschukröhrchen *f* gezogen, welches am freien Ende der Röhre aufgebunden war und der Hahn *e* ebenfalls geöffnet. Dieses geschah in der Absicht um die Luft, welche in den Apparat eingeführt war, unter den Barometerdruck zu bringen; insofern nun der Quecksilberstand in den beiden nebeneinander liegenden Röhrenschenkeln ein ungleicher

*) Auch der Glasstopfen ward vor dem Schütteln fest an die Tubulatur (*b*) gebunden.

war, wurde von Seiten der freien Röhrenmündung mittelst einer Pipette so lange Quecksilber entfernt oder zugefügt bis der Quecksilberspiegel beiderseits gleich hoch stand. War dieses erreicht, so wurde der Hahn *e* geschlossen, die Luft aus dem röhrenförmigen Theil des Apparats in die Flasche zurückgeführt und dann auch der Hahn *d* geschlossen.

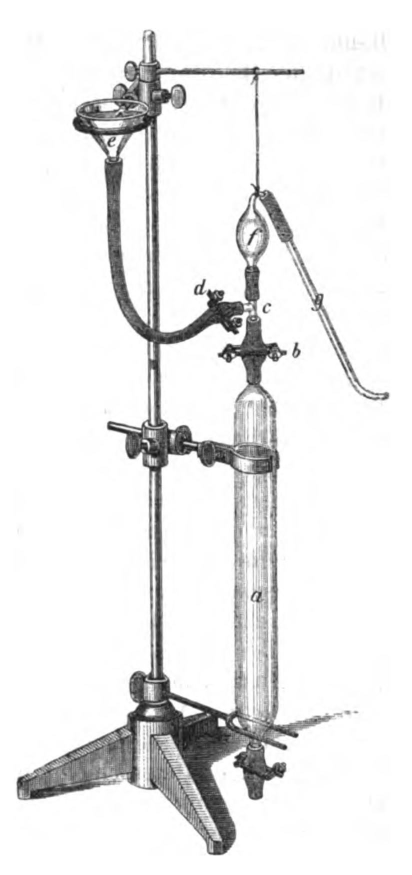
War alles dieses beendigt, so ward zur Gewinnung des Blutes geschritten, das gewöhnlich grossen Hunden entnommen wurde. Je nach der Aufgabe des vorzunehmenden Versuches ward Arterien-, Venen- oder Erstickungsblut, und zwar unmittelbar aus der Ader über Quecksilber aufgefangen, wobei das von *Al. Schmidt* beschriebene Verfahren *) angewendet wurde; das in die Sammelröhre eingetretene Blut ward sogleich durch Schütteln mit Quecksilber defibrinirt. In allen Fällen musste die abgezogene Blutmenge gross genug sein um Material für die drei folgenden Operationen zu liefern. Ein Theil desselben sollte in die lufthaltige Flasche eingeführt und dort geschüttelt werden, ein zweiter sollte unverändert in zwei Recipienten der Gaspumpe gelangen, um in letzterer entgast zu werden; ein dritter Theil endlich sollte bis zur vollen Sättigung mit Sauerstoff in atmosphärischer Luft geschüttelt und dann ebenfalls behufs der spätern Auspumpung in zwei Recipienten übergeleitet werden.

Die Ueberführung eines abgemessenen Volums des faserstofffreien Blutes aus der Sammelröhre in die Flasche geschah unter Quecksilber durch die Tubulatur *b*. Nachdem das Blut- und Luftquantum miteinander geschüttelt worden, wurde noch einmal der Druck im Innern der Flasche mit dem der Atmosphäre in das Gleichgewicht gesetzt, wobei die Griffe in Anwendung kamen, die ich soeben beschrieben. Nach der Herstellung dieser Druckgleichheit wurden die beiden Hähne wieder geschlossen, das enge Rohr mit Quecksilber vollständig ausgefüllt und seine freie Mündung luftdicht verstopft; dann ward die Flasche umgekehrt und in dieser Stellung so lange festgehalten, bis Luft und Blut gegen den breiten Boden der Flasche empor gestiegen waren. Hierauf ward der Hahn (*d*) vorsichtig eröffnet und sämmtliche Luft, welche der röhrenförmige Theil des Apparats enthielt, wieder in die Flasche zurückgeführt, wobei sich die Röhren wieder vollständig mit Quecksilber füllten. Hierauf

*) Arbeiten aus der phys. Anstalt zu Leipzig; zweiter Jahrgang 1867. Leipzig 1868. S. 82.

wurde die Flasche bis zu einer halben Stunde lang anhaltend und stark geschüttelt, so dass sich die Luft im Blute unter Bildung eines feinen Schaumes vertheilte.

Die Abmessung des Blutes unter Quecksilber wurde vermittelst des Apparates bewirkt, den der beistehende Holzschnitt wiedergiebt. *a* stellt die Sammelröhre vor, in welcher das aus der Ader gelassene und dort defibrinirte Blut enthalten ist; auf das obere Ende derselben ist ein T-Rohr aufgebunden. Der horizontale Schenkel des letzteren *d* mündet in ein Kautschukrohr, das in den Trichter *e* ausläuft. Der vertikale Schenkel des T-Rohres setzt sich dagegen durch ein Kautschukrohr in die calibrirte Kugel *f* fort, und diese geht ihrerseits in das calibrirte Glasröhrchen *g* über. Zwischen *a* und *c* und *c* und *e* findet sich je eine Schraubenklemme *b* und *d*. Der Apparat ist in der Weise wie es die Zeichnung angiebt in einen Halter eingespannt. Der Gebrauch dieser Vorrichtung ist sehr einfach. Zuerst füllt man, während die Klemme *b* geschlossen ist, von dem Trichter *e* aus das T-förmige Stück *ec*, die Kugel *f* und das Rohr *g* mit Quecksilber an. Nachdem dieses geschehen schliesst man die Klemme *d* und öffnet *b*. In Folge hiervon sinkt das Quecksilber aus *f* in *a* und statt dessen dringt Blut in die Kugel; durch vorsichtige Regulirung der Klemme *b* kann man mit dem Austausche des Blutes gegen Quecksilber an jedem beliebigen Punkte innehalten, also auch an einer Marke, die am untern Halse der Kugel angebracht ist. Ist die Kugel mit Blut gefüllt, so schliesst man die Klemme *b* und öffnet *d*. Das im Trichter vorhandene Quecksilber drängt dann den Inhalt der Kugel durch das Röhrchen *g* aus und zwar in das Gefäss, welches vor seiner freien Mündung angebracht ist. Da sich hierbei der blutige Inhalt des Röhrchens *a* nicht durch die freie Mündung desselben entleert, so muss man, um das übergeführte Maass zu kennen, den Inhalt des Röhrchens von dem der Kugel abrechnen.



Nach Beendigung des Schüttelns ward die Flasche auf ihren breiten Boden gestellt und dort so lange sich selbst überlassen bis sich ein grosser Theil der Luft aus dem Schaume wiederum zu einer grösseren zusammenhängenden Luftmasse unter dem Hahne (*d*) gesammelt hatte. Wenn dieses geschehen war, so wurde der Hahn (*d*) vorsichtig eröffnet, so dass die Luft in die Röhre emporsteigen konnte; mit der Einführung von Luft in die röhrenförmigen Stücke ward so lange fortgefahren, bis dieselbe wiederum in den absteigenden Manometer-Schenkel und zwar bis zum oberen Drittel gelangt war; dann wurde von der freien Mündung des engen Manometerstücks der Glaspfropf entfernt und aus dem Rohr so lange Quecksilber abgehoben, bis sein Spiegel in gleicher Höhe mit dem des weiten Rohres stand. Hierauf ward der Hahn (*e*) eröffnet. Je nachdem sich nun während des vorhergehenden Schüttelns die Luft in der Flasche vermehrt oder vermindert hatte, wurde auch der Quecksilberstand im engen Rohr erhöht oder erniedrigt gefunden. Welche Veränderung aber auch durch das Schütteln eingetreten war, in jedem Fall ward sie durch Einfüllen oder Ausheben von Quecksilber wieder ausgeglichen, so dass schliesslich die in der Flasche enthaltene Luft wieder unter den Barometerdruck gestellt wurde.

War die Ausgleichung geschehen, so wurde mit Hülfe der vorhin beschriebenen Handgriffe die Luft aus dem Manometer in die Flasche zurückgeführt und das Schütteln von Neüem begonnen. Der Wechsel von Schütteln der Luft mit dem Blute und das Ausgleichen der in der Flasche vorhandenen Luft mit dem Druck der Atmosphäre ward noch öfter wiederholt und zwar so lange, bis bei mindestens zwei aufeinander folgenden Prüfungen kein Unterschied zwischen dem Druck der Atmosphäre und demjenigen der geschüttelten Luft mehr bemerkt werden konnte. Bei sorgfältiger Ausführung dieses Verfahrens war zu erwarten, dass die Gase des Blutes sich mit denen des Luftraumes der Flasche und zwar unter dem Atmosphärendruck ausgeglichen hatten.

Gegen den soeben gethanen Ausspruch über die Ausgleichung des Druckes könnte man einen Zweifel zu erheben geneigt sein, der insbesondere dann eine Berücksichtigung verdiente, wenn sauerstoffarmes Blut mit atmosphärischer Luft geschüttelt worden war. Aus bekannten Gründen wird der Gasaustausch zwischen sauerstoffarmen Blut und sauerstoffhaltiger



Luft eine doppelte Richtung annehmen. Aus dem Luftraume wird Sauerstoff in das Blut und aus dem letzteren Kohlensäure in die Luft dringen. Nun lässt sich von vornherein nichts gegen die Möglichkeit einwenden, dass die in entgegengesetzter Richtung bewegten Gasvolumina gleich gross gewesen seien und unter dieser Voraussetzung würde aus der Unveränderlichkeit des Druckes der geschüttelten Luft kein Kennzeichen für die Ausgleichung zu entnehmen gewesen sein. Der Verlauf in den wirklich ausgeführten Versuchen bestätigte jedoch die vorausgesetzte Möglichkeit nicht. Nach dem ersten Schütteln zeigte sich in der Regel dass die Aufnahme überwiegend über die Abgabe gewesen war, während beim späteren Schütteln früher oder später das Umgekehrte eintrat. Hält man diese Erfahrung, dass die aufgenommenen und ausgeschiedenen Gasvolumina sich keineswegs das Gleichgewicht halten mit der Ueberlegung zusammen, dass der Ausgleichungs-Process zwischen beschränkten Mengen von Gasen im Luftraum und im Blute auch eine nur beschränkte Zeitdauer in Anspruch nehmen müsse, so dürfte man zu der Ueberzeugung kommen, dass der bei wiederholtem Schütteln gleichgebliebene Druck als ein Beweis für die zum mindesten annähernd stattgefundene Ausgleichung gelten dürfe.

In den Fällen, in welchen reines Stickgas in die Flasche eingeführt war, ist die Unveränderlichkeit des Druckes der geschüttelten Luft noch viel mehr als ein Kennzeichen vollkommener Ausgleichung anzusehen, denn hier geht, abgesehen von einer jedenfalls sehr geringen Stickstoffbewegung, der Gasstrom nur in der Richtung vom Blute zur Luft. Aus diesem Grunde hätte es vortheilhafter erscheinen können, die Versuche ausschliesslich mit Hülfe des Stickgases auszuführen. Der Grund, warum ich dies unterlassen, war ein zweifacher; erstens werden durch die Anwendungen dieses Gases die Versuche öfter sehr in die Länge gezogen, da ich wiederholt sah, dass die Blasen, welche dieses Gas innerhalb des Blutes bildet, sehr viel langsamer zusammenfliessen als die, welche bei ursprünglicher Anwesenheit von Sauerstoff entstehen; zweitens aber legte ich aus Umständen, welche später erwähnt werden sollen, einen Werth darauf, festzustellen, ob die Erscheinungen welche beim Eindringen des Sauerstoffs in die Blutscheiben zu beobachten sind, mit denjenigen übereinstimmen, welche man beim Austritt dieses Gases aus den genannten Formbestandtheilen gewahrt.

Da das Schütteln der Flasche in freier Luft vorgenommen wurde, so war anzunehmen, dass die gerade vorhandene Luftwärme auch innerhalb der Flasche geherrscht habe. In der That konnte dieselbe nur deshalb um ein unbedeutendes höher gewesen sein, weil sich von der bewegenden Hand aus die Flasche und ihr Inhalt etwas erwärmt hatten. Diesem geringen Zuwachs war aber jedesmal zum Wiederverschwinden reichliche Gelegenheit geboten wenn die Flasche zum mindesten eine halbe Stunde lang nach jeder Schüttelperiode ruhig dastand, um dem feinblasigen Schaum für das Zusammentreten zu grössern Blasen Zeit zu lassen. — Bei den an und für sich grossen Gewichten der Flasche war es unmöglich der letztern auch noch einen constant temperirten Wassermantel zuzufügen, vorausgesetzt dass das Schütteln durch die Hand geschehen sollte. Diese Vorsichtsmaassregel, welche für eine methodische Untersuchung über den Einfluss der Temperatur auf die Sauerstoffspannung unerlässlich ist, würde wie ich glaube nur dann anwendbar sein, wenn man das Schütteln einer Maschine übertrüge.

Nachdem die über dem Blute stehenden und die in ihm vorhandenen Gase ihren Druck ausgeglichen, wird der Partiardruck des O in dem Luftraume dadurch aufgesucht, dass man die procentische Zusammensetzung des geschüttelten Gasgemisches bestimmt. Dieses letztere geschieht nach bekannten Regeln, wenn das Gas aus der Schüttelflasche in die Absorptionsröhren übergeführt ist. Bei der Trennung des Gases vom Blute hat man darauf zu achten, dass der Druck der Luft während dieses geschieht derselbe bleibt, weil sich sonst ihre Zusammensetzung ändern würde. Um nun die Trennung von Blut und Gas dieser Forderung gemäss auszuführen genügt es, einen Theil der Luft mit schon beschriebenen Vorsichten in die röhrenförmigen Stücke des Apparates einzuführen und sie von dort nach Schliessung des Hahnes *c* in die Messglocken überzufüllen.

Endlich war noch übrig, die Dichtigkeit des Sauerstoffs im Hämoglobin des geschüttelten Blutes zu bestimmen. Hiezu gehört die Kenntniss von dem Procentgehalte des Sauerstoffs und des Hämoglobins im geschüttelten Blute. Da der letztere Bestandtheil nicht unmittelbar ausgewerthet werden kann, so ist man darauf angewiesen eine Grösse zu bestimmen, von der mit Sicherheit anzunehmen ist, dass sie mit dem Hämoglobin in geradem Verhältnisse veränderlich sei. Hiezu bot sich als nächst-





liegendes Mittel die Bestimmung des Sauerstoffs selbst dar, der vor andern, z. B. der Färbekraft, den Vortheil hat, dass seine Menge in bestimmt anzugebenden Zahlen auszudrücken ist. — Nach dem Entschlusse das Hämoglobin durch ein von ihm gebundenes O-Volum zu bestimmen, ward das Verfahren für die Ermittelung der O-Dichtigkeit im geschüttelten Blute folgendes. Ausser den Blutproben, welche in den abgeschlossenen Raum kamen, um dort ihre O-Spannung auszugleichen, wurde, wie bereits früher erwähnt, noch eine andere grössere Portion desselben Blutes mit atmosphär. Luft sehr anhaltend geschüttelt, so dass man eine volle Sättigung seines Hämoglobins mit O annehmen konnte. Aus zwei Proben dieses Blutes wurden die Gase ausgepumpt und analysirt. — Dasselbe geschah mit dem Blute, welches im abgeschlossenen Raume seine Sauerstoffspannung mit der in der überstehenden Luft vorhandenen ausgeglichen hatte. Hiernach erhielt ich zwei procentische O-Werthe, einen für die **volle** Sättigung des Blutes, und einen andern für die **theilweise** dem Partiardruck des Sauerstoffs in dem abgeschlossenen Luftraum entsprechenden. Nennen wir den ersten die totale Sättigung bezeichnenden Werth t, den zweiten die partiale ausdrückenden p, so ist der Quotient $\frac{p}{t}$ der Ausdruck für die relative Sättigung des Blutes mit Sauerstoff; insofern aber t dem Hämoglobingehalt des Blutes direct proportional ist, so wird der Quotient auch ein Maass für die Dichtigkeit des O's in dem Hämoglobin, beziehungsweise für den Antheil der Blutscheiben, welche vollkommen durch Sauerstoff gesättigt sind. — Dieses Verfahren gewährt den Vortheil, die aus verschiedenen Thieren genommenen und mit sehr grossen Abweichungen des Hämoglobingehaltes begabten Blutarten unmittelbar vergleichbar zu machen. Ohne dieses wäre man immer darauf angewiesen gewesen, dasselbe Blut mit verschiedenem Sauerstoffgehalt dem Ausgleichungsversuche zu unterwerfen, wodurch die an und für sich mühselige Reihe der Beobachtungen nur noch weiter erschwert worden wäre.

Einen Einwurf den man gegen die beschriebene Bestimmungsweise der Sauerstoffdichtigkeit daraus hernehmen wollte, dass sie den im Serum des Blutes enthaltenen Sauerstoff vernachlässige, halte ich für unbegründet. Denn im gesättigten Hämoglobin kommen auf 1 Gewichtstheil desselben 1.3 Vol. O bei 0^0 und 1 Mt. Hg gemessen, auf ein Thl. Serum dagegen selbst bei

der niedrigsten Temperatur meiner Versuche (14° C.) nur 0.0047 Vol. O (bei 0° und 1 Mt. Hg gemessen), vorausgesetzt dass dasselbe bei 0.158 Mt. Hg*) mit Sauerstoff gesättigt sei und dass wir den Absorptionscoëfficienten des Serums für O gleich dem des Wassers annehmen. Waren also z. B. 12 Theile Hämoglobin und 75 Thl. Serum in 100 Thl. Blut, so würden von den in ihm bei voller Sättigung vorhandenen 15.8 Vol. Sauerstoff (bei 0° und 1 Mt. Hg) höchstens 0.35 Vol. auf das Serum fallen, so dass in dem oben erwähnten Quotienten der Nenner statt des verwendeten Werthes 15.8 in der That hätte 15.45 sein müssen. Um diesem Fehler zu entgehen hätte man sich wohl zu einer leicht anzubringenden Correctur entschliessen können. Aber auch diese hielt ich nicht für nothwendig, da es hier nur auf vergleichbare Resultate ankam. Würden also zwei von verschiedenen Thieren herrührende Blutsorten, die beide mit O gesättigt sind, unter einander verglichen, so käme nur der Werth des O's in Frage, der dem Serumantheil angehört hätte, um welchen die beiden Blutarten von einander verschieden gewesen. Diese O-Menge würde aber weit unter die analytischen Fehlergrenzen fallen. Wenn aber schon der Sauerstoff des Serums nicht mehr in Betracht kommt, welches durch Schütteln bei 0.75 Mt. Hg. Barometerstand gesättigt ist, so fällt selbstverständlich derjenige ganz ausser Frage, welcher in dem Serum enthalten ist, das unter einem Partiardruck von nur 0.02 bis 0.03 Mtr. Druck gesättigt wurde.

Wichtiger für die Bildung des Ausdruckes $\frac{p}{t}$ scheint mir die Hervorhebung eines andern hier in Betracht kommenden Umstandes. In der That scheint man bisher nicht darauf geachtet zu haben, dass man nur durch sehr anhaltendes und sorgfältiges Schütteln dahin gelangen kann, das Blut bis zu dem Maximum seines Sauerstoffgehaltes zu bringen. So rasch ein sauerstoffarmes Blut bis zur arteriellen Röthung durch Schütteln mit atmosphärischer Luft gebracht werden kann, so langsam erreicht es von da ab die vollkommene Sättigung. Dieses letztere ereignet sich namentlich dann, wenn man das Blut statt nur mit Luft in einer Flasche schüttelt, die ausserdem auch noch Quecksilber enthält. In den später mitzutheilenden Zahlen

*) Gleich dem Partiardruck des O in atmosphärischer Luft bei 0.75 Mt. Barometerstand.




habe ich mehrmals eines Blutes gedacht, in welchem 2 Portionen jedesmal gleich lange, das eine Mal nur mit Luft, das andere Mal dagegen mit Luft und Quecksilber geschüttelt waren. Man wird bemerken, dass die erstere Portion stets sauerstoffreicher als die letztere ist. — Um also der Sättigung sicher zu sein habe ich das Blut mindestens $^1/_2$ Stunde mit wiederholt erneuerter Luft geschüttelt.

Ich komme nun zur Betrachtung der Genauigkeit, welche meine Versuche beanspruchen. — Die Fehler, welche bei der Bestimmung des Partiardruckes des Sauerstoffs in dem Luftraum begangen werden können, sind in den Grenzen eingeschlossen, welche durch die Gasanalyse überhaupt gezogen werden, vorausgesetzt natürlich, dass die Ausgleichung zwischen dem Sauerstoff des Blutes und der Luft eine vollkommene gewesen ist. Ueber diesen letzteren Punct kann ich dem Leser keine andere Garantie bieten, als die welche in der genauen Befolgung der auf S. 356 angegebenen Maassregeln liegen. Ueber den ersteren, die Genauigkeit der Gasanalyse, gewähren dagegen die vorliegenden Zahlen eine Auskunft, da jedesmal von demselben Gasgemische zwei Analysen ausgeführt wurden. Die Procentzahlen des Sauerstoffs weichen, einen Fall ausgenommen, nicht über 0.2 von einander ab, in der Regel aber sind die Unterschiede noch kleiner. Ein Unterschied im Procentgehalte von 0.2 entspricht aber bei einem Barometerstand von 750 Millimeter einem Werthe des Partiardrucks von 1.5 Millimeter und dieser würde somit das Maximum des Fehlers darstellen, welcher dem Partiardruck anhaften könnte.

Für den Fehler der relativen Sättigung des Blutes mit Sauerstoff kommen in Betracht die Analysen der Gase zweier verschiedenen Blutsorten, nämlich diejenigen des vollkommen und die des unvollkommen gesättigten Blutes. Die Doppelanalysen, welche von jeder einzelnen der beiden Sorten vorliegen, zeigen, dass auch hier der analytische Fehler denjenigen des Sättigungsgrades niemals über die Grenze von einigen 0.01 emportreiben kann, so dass von dieser Seite die erste Zahl des Decimalbruches, welcher die Sättigung angiebt, als vollkommen gesichert anzusehen ist. Ein Einwurf könnte gegen sie nur aus dem Umstande erhoben werden, dass sich das Blut in der Zeit, die zwischen dem Versuche und der Auspumpung liegt, verändert habe. Dieser Bemerkung wäre zu entgegnen, dass es sich mit dieser Annahme schwer

vereinigen lässt, warum zwei verschiedene Proben desselben Blutes, wenn sie nur sonst gleich behandelt sind, so sehr übereinstimmende Gasmengen geliefert haben, trotzdem dass die beiden Proben doch auch in merklichen Zeitabständen von einander ausgepumpt wurden. Die Uebereinstimmung beweist die schon von anderen Beobachtern festgestellte Thatsache, dass sich das Blut während seines Aufenthaltes in Eis nur äusserst langsam ändert.

In Folge dieser Auseinandersetzung halte ich mich zu der Annahme berechtigt, dass die Schuld nicht an den analytischen Fehlern liegen kann, wenn das Blut zweier verschiedener Versuchsthiere einen bis auf ein 0.1 übereinstimmenden Sättigungsgrad besitzt, und wenn trotzdem ihre Sauerstoffspannungen um mehr als zwei Millimeter von einander abweichen; wo dieses geschieht müssen andere Gründe vorhanden sein, welche ausserhalb der analytischen Fehler liegen.

§ 2.

Versuche mit dem Blute.

Von den Versuchen, welche ich ausgeführt habe, theile ich **zuerst diejenigen** mit, **in welchen das Blut mit sauerstoffhaltiger Luft geschüttelt** war. Sie werden, ohne dass ich weitere Bemerkungen hinzuzufügen nöthig hätte, verständlich sein. Nur eine Auskunft möchte ich nicht unterlassen. Die Daten, welche in den Versuchen mitgetheilt werden, genügen scheinbar, um eine Rechnung anzustellen, durch welche das Resultat der Analyse controlirt werden könnte. Unter den mitgetheilten Zahlen findet sich nämlich auch die Angabe der angewendeten Volumina von Luft und Blut, und öfter auch die Zusammensetzung der Luft und der in dem Blut enthaltenen Gase vor und nach dem Schütteln. Somit könnte man berechnen wollen, wie viel Sauerstoff jedesmal das Blut gewonnen und wie viel von diesem Gas die Luft verloren hat, damit man aus dem Grade der Uebereinstimmung, welche diese auf verschiedenen Wegen gewonnenen Rechnungsresultate darböten, ein weiteres Urtheil über die Genauigkeit der analytischen Handgriffe fällen könnte. Diese Rechnung würde ich nicht unterlassen haben, wenn die Abmessung der in den Apparat gefüllten Volumina mehr als eine nur approximative gewesen wäre. Bei einer Genauigkeit dieser Maasse, welche vielleicht um 1—2 Cubikcentimeter schwankt, verliert jedoch die vorgeschlagene Controle ihre Bedeutung.





1.

Volum der geschüttelten atmosph. Luft bei 0° C. u. 1 Mtr. Hgdruck = 31.2 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 178 Cb.C.
Barometerstand 0.756 Mtr. Temperatur 21.2° C.

1. Gase des in den Apparat eingefüllten Blutes in 100 Thl. O 1.23 CO_2 46.51 N 1.43
2. Gase des mit O gesättigten Blutes » » *a.* O 14.57 CO_2 16.27 N 2.76
   b. O 14.11 CO_2 16.69 N 2.28
3. Gase des aus dem Apparate genommenen Blutes in 100 Thl. *a.* O 4.83 CO_2 45.05 N 1.61
   b. O 4.77 CO_2 44.56 N 2.14

Luft des Apparates nach dem Schütteln *a.* O 1.09 CO_2 6.66
b. O 1.05 CO_2 6.21

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes = 0.33
O-Druck dieses Blutes = 8.1 Mm.

2.

Volum der geschütt. atmosph. Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck = 31.3 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes = 109 Cb.C.
Barometerstand 0.752 Mtr. Temp. 23.5° C.

1. Gase des in den App. eingefüllten Blutes in 100 Th. O 2.51 CO_2 41.64 N 1.19
2. Gase des mit O gesättigten Blutes » » *a.* O 17.27 CO_2 16.33 N 1.56
   länger als *a.* geschüttelt » » *b.* O 16.82 CO_2 14.92 N 1.65
3. Gase d. aus d. App. genommenen Blutes » » *a.* O 6.81 CO_2 38.55 N 1.75
   b. O 6.81 CO_2 39.77 N 1.31

Luft des App. nach d. Schütteln » » *a.* O 2.04 CO_2 6.86
b. O 2.04 CO_2 6.76

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.40.
O-Druck dieses Blutes = 15.3 Mm.

3.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg = 40.1 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 109 Cb.C.
Barometerstand 0.755. Temperatur 24.2° C.

1. Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th. O 2.26 CO_2 33.99 N 1.93
2. Gase des mit O gesätt. Blutes » » *a.* O 17.17 CO_2 15.03 N 1.62
   b O 17.10 CO_2 11.38 N 1.46
3. Gase des aus d. App. genommenen Blutes in 100 Th. *a.* O 7.77 CO_2 32.22 N 1.61
   b. O 7.45 CO_2 31.98 N 1.72

Luft des App. nach d. Schütteln » » *a.* O 3.17 CO_2 7.18
b. O 3.00 CO_2 6.74

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.44.
O-Druck dieses Blutes 23.8 Mm. Hg.

4.

Volum der atmosphär. Luft bei 0° C. u. 1 Mtr. Hgdruck 47.50 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 109 Cb.C.
Barometerstand 0.746 Mtr. Temperatur 19.2° C.

1.	Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th.		O 4.49	CO_2 33.73	N 1.07
2.	Gase des mit O gesättigten Blutes in 100 Th.		O 16.27	CO_2 15.65	N 2.33
3.	Gase d. aus d. App. genomm. Blutes »		O 11.39	CO_2 31.67	N 1.47
			O 11.17	CO_2 31.26	N 1.78
	Luft des App. nach dem Schütteln »	a.	O 3.70	CO_2 4.95	
		b.	O 3.68	CO_2 4.80	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.69.
O-Druck dieses Blutes 27.5 Mm. Hg.

5.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Druck 54.7 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 109 Cb.C.
Barometerstand 0.754 Mtr. Temperatur 17.2° C.

1.	Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th.		O 3.24	CO_2 37.14	N 1.50
2.	Gase des mit O gesättigten Blutes »		O 16.41	CO_2 15.05	N 1.56
3.	Gase d. aus d. Apparat gen. Blutes »	a.	O 12.26	CO_2 35.57	N 1.72
		b.	O 12.34	CO_2 35.49	N 1.60
	Luft des App. nach dem Schütteln »		O 2.54	CO_2 4.53	
			O 2.34	CO_2 4.86	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.75.
O-Druck dieses Blutes 18.4.

6.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Druck 46.6 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.753 Mtr. Temperatur 14.7° C.

1.	Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th.		O 0.08	CO_2 45.05	N 1.30
2.	Gase des mit O gesättigten Blutes »		O 10.86	CO_2 30.36	N 1.71
3.	Gase des aus d. App. gen. Blutes »	a.	O 8.09	CO_2 43.18	N 1.80
		b.	O 8.23	CO_2 42.60	N 1.70
	Luft des App. nach dem Schütteln »	a.	O 3.20	CO_2 4.67	
		b.	O 3.39	CO_2 4.47	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.75.
O-Druck dieses Blutes 24.8 Mm. Hg.

7.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 58.0 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.747 Mtr. Temperatur 18.3° C.

1. Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th.	O 4.99	CO_2 42.87	N 1.46
2. Gase des mit O gesättigten Blutes »	O 14.54	CO_2 23.77	N 1.39
3. Gase des aus d. App. gen. Blutes »	O 14.26	CO_2 38.98	N 1.59
Luft des App. nach d. Schütteln »	*a.* O 6.33	CO_2 3.92	
	b. O 6.28	CO_2 4.93	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.98.
O-Druck dieses Blutes 47.0 Mm.

Da in dieser Beobachtung die O-Gehalte des gesättigten und des im abgeschlossenen Raume geschüttelten Blutes einander gleich sind, so liegt kein Beweis dafür vor, dass die O-Spannung des Schüttelraumes sich gerade mit der des Blutes ausgeglichen habe. Die Beobachtung ist nur insofern beachtenswerth, als sie eine Grenze giebt, über welche hinaus die O-Spannung des vollkommen gesättigten Blutes gewiss nicht steigen kann. Selbstverständlich ist sie in den folgenden Zusammenstellungen nicht weiter benutzt.

8.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0°C. u. 1 Mtr. Hg-Druck 68.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.745. Temperatur 18° C.

1. Gase des eingeführten Blutes in 100 Th.	O 1.03	CO_2 41.74	N 1.41
2. Gase des mit O gesättigten Blutes »			
mit Luft allein geschüttelt »	*a.* O 15.17	CO_2 23.23	N 1.35
mit Hg u. Luft geschüttelt »	*b.* O 13.27	CO_2 28.54	N 1.58*)
3. Gase d. aus d. App. genomm. Blutes »	*a.* O 13.15	CO_2 39.11	N 1.77
	b. O 12.73	CO_2 40.02	N 1.63
Luft des App. nach dem Schütteln »	*a.* O 4.60	CO_2 4.89	
	b. O 4.20	CO_2 5.36	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.87 oder 0.82,
O-Druck dieses Blutes 32.8 Mm. Hg.

---

*) Aus dem grössern CO_2 und dem kleinern O-Gehalte scheint hervorzugehen, dass diese Blutprobe *b.* weniger gut ausgeglichen ist als die *a.* Sie wird desshalb nicht zur Bildung abgeleiteter Zahlen benutzt.



9.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg. 66.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.755. Temperatur 14.9° C.

1. Gase des eingeführten Blutes in 100 Theilen O 1.50 CO_2 43.21 N 1.26
2. Gase des mit O gesättigten Blutes »
    mit Luft u. Hg geschüttelt O 17.57 CO_2 22.22 N 1.43
    mit Luft allein geschüttelt O 19.00 CO_2 18.28 N 1.38
3. Gase d. aus d. App. gen. Blutes in 100 Th. *a.* O 13.95 CO_2 39.08 N 1.78
    b. O 14.10 CO_2 39.61 N 1.38

Luft des Apparates nach dem Schütteln » O 2.79 CO_2 5.18
Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.74.
O-Druck dieses Blutes 21.0 Mm. Hg.

10.

Volum des Gemenges aus atmosphärischer Luft und N bei 0° u. 1 Mtr. Hg 25.19 Cb.C. (13.54 pc. O).
Volum des geschüttelten Blutes 132 Cb.C.
Barometerstand 0.756. Temperatur 19.3° C.

1. Gase des eingeführten Blutes in 100 Theilen O 0.14 CO_2 40.83 N 1.51
2. Gase des mit O gesättigten Blutes » O 16.32 CO_2 16.41 N 1.60
3. Gase des aus d. App. genomm. Blutes » O 1.21 CO_2 40.26 N 1.89

Luft des App. nach dem Schütteln » *a.* O 0.47 CO_2 4.85
    b. O 0.36 CO_2 4.35
Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.07.
O-Druck dieses Blutes 3 Mm. Hg.

11.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 29.0 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.762. Temperatur 14.9° C.

1. Gase des eingeführten Blutes in 100 Th. O 0.48 CO_2 39.67 * N 3.25
    nach 24st. Liegen in Eis O 0.13 CO_2 41.14 N 1.29
2. Gase des mit O gesättigten Blutes » *a.* O 11.02 CO_2 24.99 N 1.89
    24 Stdn. später nach Liegen in Eis gesätt. (zur relativen Sättigung *b.* O 10.67 CO_2 21.96 N 1.68
    idem aber mit Luft und Hg *c.* O 9.96 CO_2 23.41 N 1.89
3. Gase des aus dem App. genomm. Blutes *a.* O 5.16 CO_2 40.18 N 1.83
    b. O 5.31 CO_2 39.99 N 1.88

ft des App. nach dem Schütteln in 100 Th. O 2.98 CO_2 5.33
tive O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.49.
uck dieses Blutes 22.7.

---

ht alle CO_2 absorbirt?

12.a

A.[1] Volum der atmosphärischen Luft bei 0⁰ u. 1 Mtr. Hg-Druck 27.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 69 Cb.C.
Barometerstand 0.749. Temperatur 14.4.

Gase des eingeführten Bluts in 100 Theilen	O 1.62	CO_2 40.98	N 1.44
	O 1.74	CO_2 40.74	N 1.56
Gase des mit O gesättigten Blutes »	O 21.76	CO_2 20.11	N 3.12
Gase des aus d. App. gen. Blutes »	O 8.72	CO_2 37.80	N 1.61
Luft des App. nach dem Schütteln »	O 0.7	CO_2 6.03	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.40.
O-Druck dieses Blutes 5 Mm.

A.[2] Volum der atmosphärischen Luft bei 0⁰ u. 1 Mtr. Hg-Druck 44.2 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 63 Cb.C.
Barometerstand 0.748. Temperatur 14.4⁰ C,
Gase des eingeführten und mit O gesättigten Blutes wie oben.

Gase des aus dem App. genommenen Blutes	O 16.22	CO_2 37.91	N 0.96
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th.	O 2.31	CO_2 5.02	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.75.
O-Druck dieses Blutes 17 Mm. Hg.

12.b

Dasselbe Blut, vier Tage an Eis aufbewahrt.

B.[1] Volum der atmosphärischen Luft bei 0⁰ u. 1 Mtr. Hg-Druck 31.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 63 Cb.C.
Barometerstand 0.759. Temperatur 16.8⁰ C.

Gase des eingeführten Blutes in 100 Theilen	O 1.29	CO_2 41.57	N 1.74
	O 1.16	CO_2 41.89	N 1.57
Gase des mit O gesättigten Blutes »	O 21.12	CO_2 29.48	N 2.27
mit Luft und Hg geschüttelt	O 19.36	CO_2 21.16	N 2.99
Gase des aus d. App. gen. Blutes in 100 Th.	O 9.86	CO_2 39.61	N 2.32
Luft des App. nach dem Schütteln »	O 1.91	CO_2 5.60	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.47.
O-Druck dieses Blutes 14.5 Mm.

B.[2] Volum der atmosphärischen Luft bei 0⁰ u. 1 Mtr. Hg-Druck 35.6 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 68 Cb.C.
Barometerstand 0.759. Temperatur 16.8⁰ C.
Gase des eingeführten und mit O gesättigten Blutes wie oben.

Gase des aus dem App. genomm. Blutes	O 10.71	CO_2 38.68	N 2.44
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th.	O 1.72	CO_2 6.00	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.51
O-Druck dieses Blutes 13.1.

14.

A.[2] Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 28.8 Cb C.
Volum des geschüttelten Blutes 87 Cb.C.
Barometerstand 0.754. Temperatur zwischen 20.8° bis 21° C.
Gase des eingeführten Blutes in 100 Th. O 4.44 CO_2 14.20 N 2.03
Gase des mit O gesättigten Blutes » O 14.38 CO_2 33.69 N 1.71
Gase des geschüttelten Blutes » O 8.85 CO_2 36.87 N 1.53
folgenden Tag ausgept., etwas Schaum O 8.50 CO_2 37.57 N 4.82
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th. O 8.59 CO_2 2.98
Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.62.
O-Druck dieses Blutes 24.8.

Um für unseren Zweck die Ergebnisse der Versuche übersichtlicher zu machen, werde ich eine Zusammenstellung derselben geben, in welcher sie nach dem Sättigungsgrade des Blutes mit Sauerstoff geordnet sind.

Nummer des Versuchs	O-Gehalt des gesättigten Blutes	O-Gehalt des geschüttelten Blutes	Sättigungsgrad des geschüttelten Blutes	Partiardruck des überstehenden Sauerstoffs	Temperatur
10	16.32	1.21	0.07	3 Mm.	19.3°C
1	14.34	4.80	0.33	8.1	21.2
2	17.27	6.81	0.40	15.3	23.5
12 A[1]	21.76	8.72	0.40	5.0	14.1
3	17.14	7.61	0.44	23.3	24.2
12 B[1]	21.12	9.86	0.47	14.5	16.8
11	10.67	5.23	0.49	22.7	14.9
12 B[2]	21.12	10.71	0.51	13.1	16.8
14 A[2]	14.38	8.85	0.62	24.8	20.9
4	16.27	11.28	0.69	27.5	19.2
9	19.00	14.03	0.74	21.0	14.9
5	16.41	12.30	0.75	18.4	17.2
6	10.86	8.16	0.75	24.8	14.7
12 A[2]	21.76	16.22	0.75	17.0	14.1
8	15.17	12.94	0.87	32.8	18.0

Aus diesen Zahlen geht hervor:

1. dass keine vollkommene Sättigung des Blutes mit Sauerstoff eintritt, wenn der Sauerstoffdruck unter 20—30 Millimeter sinkt;

2. dass beim weiteren Sinken des Sauerstoffdrucks die Sättigung des Blutes mit Sauerstoff geringer wird;

3. dass die Druckwerthe des Sauerstoffs der Luft, welche einem und demselben Sättigungsgrad entsprechen, mit der Steigerung der Temperatur zunehmen.

Die Ergebnisse 2. und 3. sind aber ganz inconstant und unregelmässig. Vergleicht man nämlich die einzelnen Zahlenreihen genauer mit einander, so gewahrt man nur z. Th., dass die Spannung mit dem Sättigungsgrade und mit der Erhöhung der Temperatur im Wachsen begriffen sei; denn nur insofern giebt sie eine Anspielung auf diese Beziehungen, als sich zeigt, dass in der Mehrzahl von Fällen die Spannungszahlen bei den niedrigeren Graden der Sättigung und bei den niedrigeren Graden der Temperatur kleiner als bei den höheren Graden sind.

Dieses Ergebniss, unerwartet wie es mir war, könnte sogar widersinnig erscheinen, denn dass die Spannung des Sauerstoffs mit dem Gehalte dieses Körpers in den Blutscheiben und mit der Steigerung der Temperatur nach einem gesetzmässigen Verhältnisse wachsen müsse, schien mir nach den Befunden des Hrn. *Holmgreen* *) wahrscheinlich.

Die Unregelmässigkeit der Zahlen ist sogar so gross, dass man an irgend welcher Beziehung zwischen Sättigung, Temperatur und Spannung zweifeln könnte; die Zahl der Beobachtungen giebt uns indessen genügende Mittel an die Hand, um die Existenz dieser Beziehungen mit Bestimmtheit zu entscheiden.

Unter den Blutsorten kehrt die in dem ersten Stabe der Tabelle mit No. 12 bezeichnete 4 Mal wieder, d. h. es ist dasselbe Blut bei vier verschiedenen Sättigungsgraden auf seine Sauerstoffspannung geprüft worden, und es lässt sich demnach entscheiden, ob die Spannung wachse, wenn innerhalb desselben Blutes dieses auch mit der Sättigung der Fall ist; zu einer

*) *Holmgreens* Versuche deuten mit Wahrscheinlichkeit darauf hin, dass die Spannung des Sauerstoffs mit dem Sättigungsgrade und der Temperatur constant und regelmässig wächst.



Auskunft hierüber eignet sich diese Beobachtungsreihe um so mehr, als die verschiedenen Bestimmungen bei nur um 2.4° C. verschiedenen Temperaturen ausgeführt wurden. Aus der Wiederholung der betreffenden Zahlen

Sättigungsgrad des Blutes	Partiardruck des Sauerstoffs	Temperatur
0.40	5.0 Mm.	14.4° C.
0.47	14.5 »	16.8 »
0.51	13.1 *) »	16.8 »
0.75	17.0 »	14.4 »

leuchtet deutlich ein, dass in der That Spannung und Sättigungsgrad in gleichem Sinne ansteigen. Die genauere Gesetzmässigkeit der Spannungscurve über die Sättigung als Abscisse wird sich jedoch aus dieser vereinzelten Beobachtung um so weniger ableiten lassen, als die beiden Beobachtungen von den Sättigungsgraden 0.47 u. 0.51 in einer um 2.4°C. höheren Temperatur ausgeführt sind, als die zwei anderen.

Um die Wirkungen zu erkennen, welche die Dichtigkeit des Sauerstoffs unabhängig von derjenigen der Temperatur übt, wird man mit Hilfe der vorliegenden Versuche am besten so verfahren, dass man die Beobachtungen, welche bei annähernd gleicher, höchstens um 2 bis 3 Grade verschiedener Temperatur ausgeführt wurden, nach dem Sättigungsgrade des Blutes mit Sauerstoff zusammenstellt, wie ich dieses jetzt thun werde.

	Sättigungsgrad des Blutes	Partiardruck des Sauerstoffs	Temperatur der Beobachtung
Reihe *a*.	0.33	8.1 Mm.	21.2° C.
	0.40	15.3 »	23.5 »
	0.44	23.3 »	24.2 »
	0.62	24.8 »	20.9 »
Reihe *b*.	0 07	3.0 »	19.3 »
	0.47	14.5 »	16.8 »
	0.51	13.1 »	16.8 »
	0.69	27.5 »	19.2 »
	0.75	18.4 »	17.2 »
	0.87	32.8 »	18.0 »

*) Die kleine Unregelmässigkeit, dass der Partiardruck bei 0.47 grösser als bei 0.51 gefunden wurde, darf uns nicht befremden, weil die Druckwerthe des O bei diesen ziemlich gleichen Sättigungsgraden so nahe aneinander liegen, dass der geringste Fehler den grössten Einfluss auf die Verhältnisse ausüben muss.



	Sättigungsgrad des Blutes	Partiardruck des Sauerstoffs	Temperatur der Beobachtung
Reihe *c*.	0.40	5.0 Mm.	14.4 C.
	0.49	22.7 »	14.9 »
	0.74	21.0 »	14.9 »
	0.75	24.8 »	14.7 »
	0.75	17.0 »	14.4 »

Diese Anordnung der Versuche zeigt nun deutlich auf ein Abhängigkeitsverhältniss zwischen der Dichtigkeit des gebundenen und des freien Sauerstoffs hin, denn in jeder der 3 Reihen wächst fast ausnahmslos mit der Dichtigkeit des gebundenen Sauerstoffs auch der Partiardruck des freien. — Wie die Vergleichung der verschiedenen Zahlen einer Reihe, so führt die Vergleichung entsprechender Zahlen in den verschiedenen Reihen zu einer Würdigung der Rolle, welche der Temperatur zukommt. Auch hier ist im Allgemeinen nicht zu verkennen, dass mit ihr die Sauerstoffspannung anwächst.

Zugleich aber weist diese Zusammenstellung darauf hin, dass die Wärme- und die Sättigungsgrade keineswegs die einzigen Bedingungen seien, welche die Grösse der Spannungen bestimmen. Um diese letztere Behauptung recht deutlich hervortreten zu lassen genügt es, die Spannungszahlen verschiedener Blutsorten zu vergleichen, welche bei annähernd gleichem Sättigungsgrade und annähernd gleicher Temperatur geliefert wurden.

Beobachtungs-Nummer	Sättigungsgrad des Blutes	Partiardruck des Sauerstoffs	Temperatur der Beobachtung
2	0.40	15.3 Mm.	23.5° C.
3	0.44	23.3 »	24.2 »
9	0.74	21.0 »	14.9 »
6	0.75	24.8 »	14.7 »
12 A.[2]	0.75	17.0 »	14.4 »

Trotz ihrer kleinen Zahl lassen diese Beobachtungen klar erkennen, wie gewagt es sein würde, wenn man aus den bis dahin vorgeführten Versuchen die Behauptung ableiten wollte, dass die Spannung des vom Hämoglobin gebundenen Sauerstoffs nur eine Function der Temperatur und der Sättigung sei. Für nicht minder gewagt würde ich es jedoch halten, auf Grundlage des gegenwärtigen Standes meiner Beobachtungen schon andere

Eigenschaften des Blutes *) als wirksam für die Sauerstoffspannung zu bezeichnen. Hieran verhindern mich zwei Gründe. Erstens verdienen die Temperaturen, bei welchen die einzelnen Beobachtungen ausgeführt wurden, eine weit grössere Berücksichtigung, als sie ihnen zu Theil geworden, und zweitens besteht immer noch eine Unsicherheit darüber, ob die Ausgleichung der Sauerstoffdrücke eine vollkommene war.

Rücksichtlich des letzteren Punktes wurde schon oben erwähnt, wie misslich es sei, das Blut mit atmosphärischer Luft zu schütteln, weil es ungewiss bleibt, ob man den unveränderlichen Stand des Manometers als ein sicheres Kennzeichen dafür ansehen dürfe, dass die Ausgleichung des Sauerstoffdruckes innerhalb und ausserhalb des Blutes wirklich erfolgt sei. Da

*) z. B. der Absorptionscoëfficient des Serums für Sauerstoff und der Gehalt des Blutes an Scheiben. Es ergiebt sich aus meinen Versuchen mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit, dass der Procentgehalt des Blutes an Scheiben für den Partiardruck des Sauerstoffs bedeutungsvoll ist. Um dieses zu zeigen werde ich die Versuche ordnen nach dem Sauerstoffgehalt des vollkommen gesättigten Blutes, und die Partiardrücke zusammenstellen, welche Blutsorten von annähernd gleicher relativer Sättigung lieferten. Um den Einfluss der Temperatur zu eliminiren, wäre es nöthig gewesen nur Beobachtungen von annähernd denselben Wärmegraden zu wählen. Hiezu reichen jedoch die vorliegenden Versuche nicht aus. Bei einer Vergleichung der Spannungen ist natürlich immer die Temperatur in dem Sinne zu berücksichtigen, dass mit dem Anwachsen der Wärme auch die Spannung des Sauerstoffs wächst.

	O-Gehalt des gesättigten Blutes	Sättigungsgrad des geschüttelten Blutes	Partiardruck des O der Luft	Temperatur
I.	10.67	0.49	22.7	14.9
	17.14	0.44	23.3	24.2
	17.27	0.40	15.8	23.5
	21.12	0.47	14.5	16.8
II.	10.86	0.75	24.8	14.7
	16.41	0.75	18.4	17.2
	19.0	0.74	21.0	14.9
	21.76	0.75	17.0	14.4

Diese Zahlen fügen sich also mit Ausnahme der dritten in der zweiten Abtheilung der Regel, dass in den Versuchen, in welchen Sauerstoff aus der Luft in das Blut aufgenommen wird, alles Andere gleichgesetzt der Partiardruck des Sauerstoffs zunehme, wenn sich der Gehalt des Blutes an Scheiben mindert. Jedenfalls laden sie zu erneuter Prüfung dieser Frage ein.

dies Letztere mit grösserer Sicherheit anzunehmen war, wenn man das Blut mit reinem Stickgas schüttelte, so ging ich zur Benutzung dieses Letzteren über. Der eben genannte Grund war jedoch nicht der wesentliche, welcher mich zur Abänderung des Verfahrens bewegte. Die Versuche, die Ausgleichung des Druckes bald mit sauerstoffhaltiger und bald mit sauerstofffreier Luft zu bewirken, unterscheiden sich offenbar noch durch einen bedeutungsvollen Umstand. In dem einen Falle muss der Sauerstoff in die Masse der Scheibe eindringen und in dem anderen muss der schon in den Scheiben enthaltene Sauerstoff in umgekehrter Richtung austreten. Hierbei werden sich den Ausgleichungen verschiedene Widerstände entgegensetzen. Ehe jedoch meine Vorstellungen hierüber im Genaueren entwickelt werden, ziehe ich es vor, **die Beobachtungen, in denen das Blut mit Stickgas** *) **geschüttelt wurde,** selbst vorzuführen.

13.

a. Volum des Stickgases bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 18.0 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 90 Cb.C.
Barometerstand 0.747. Temperatur 18.0° bis 18.8° C.
Gase des eingeführten Blutes in 100 Thl. wie nachfolgend aus dem gesättigten Blute.

Gase des mit O gesättigten Blutes »	*a.*	O 17.85 CO_2 18.89 N 1.90
am andern Tage ausgep.	*b.*	O 17.84 CO_2 13.94
Gase des aus dem App. genomm. Blutes		O 16.82 CO_2 14.43**) N 2.04
am andern Tage ausgep.		O 16.55 CO_2 15.5
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th.		O 1.99 CO_2 0.18
		O 1.70

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.93.
Sauerstoffdruck dieses Blutes 13.9 Mm.

---

*) Das Stickgas wurde in sämmtlichen Versuchen sowohl mittelst Pyrogallussäure und Kali als mittelst Controlanalyse auf seine Reinheit geprüft.

**) Aus dem grösseren CO_2-Gehalt des aus dem Apparate genommenen Blutes scheint hervorzugehen, dass ein Theil des O zur Oxydation verwendet worden ist. Da aber das mit O gesättigte Blut erst 15—30 Minuten, nachdem die abgemessenen Volumina desselben in die Apparate übergeführt worden, in die Recipienten gebracht wurde, ist keine Schlussfolgerung in dieser Hinsicht zu ziehen.



b. Volum des Stickgases bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 139.5 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 92 Cb.C.
Gase des eingeführten resp. gesättigten Blutes wie oben.

Gase des aus dem App. genommenen Blutes	O 15.29	CO_2 13.9	N 2.58
nach 24 Stdn. ausgepumpt	O 15.56	CO_2 14.9	
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th.	O 1.26	CO_2 0.35	

Relative Sauerstoffsättigung des geschüttelten Blutes 0.86.
Sauerstoffdruck dieses Blutes 9.2.

Zu 14.

A.[1] Volum des Stickgases bei 0° u. 1 Mtr. Druck 127.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 92 Cb.C.
Barometerstand 0.754. Temperatur zwischen 20.8° u. 21.0° C.

Gase in 100 Th. des eingeführten Blutes	O 4.44	CO_2 37.49	N 1.57
Gase des mit O gesättigten Blutes in 100 Th.	O 14.88	CO_2 11.20	N 2.03
Gase des aus d. App. genomm. Blutes »	O 3.07	CO_2 33.69	N 1.71
den andern Tag ausgepumpt	O 2.82	CO_2 33.62	N 1.73
Luft des Apparates nach dem Schütteln	O 0.52	CO_2 1.99	
	O 0.43		

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.21.
Sauerstoffdruck dieses Blutes 3.6.

Zu 14.

Vom Blute das zu der ersten Reihe gedient hatte, wurden die Reste (ca. 110 Cb.C.) gesammelt. Diese wurden mit O gesättigt und zu einem Versuche mit Stickgas verwendet.

Volum des Stickgases bei 0° u. 1 Mtr. Druck 121.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 59 Cb.C.
Barometerdruck 0.754. Temperatur 20.9° C.

Gase des eingeführten mit O gesättigten Blutes	O 11.63	CO_2 10.6	N 1.68
Gase des aus dem App. genommenen Blutes	O 9.55	CO_2 10.17	N 1.81
Luft des Apparates nach dem Schütteln	O 0.97	CO_2 0.32	
	O 0.77		

Relative Sauerstoffsättigung des geschüttelten Blutes 0.82.
Sauerstoffdruck dieses Blutes 6.6 Mm.

Zur Gewährung einer besseren Uebersicht stelle ich auch hier die für den vorliegenden Zweck bedeutungsvollen Zahlen zusammen.



Nummer des Versuchs	O-Gehalt des gesättigten Blutes	O-Gehalt des geschüttelten Blutes	Sättigungsgrad des geschüttelten Blutes	Partiardruck des überstehendenO's	Temperatur
Zu 14	14.38	3.07	0.21	3.6	20.0° C.
Zu 14 B.	11.63	9.55	0.82	6.6	20.9° »
13 b	17.85	15.43	0.86	9.2	18.4° »
13 a	17.85	16.82	0.93	13.9	18.4° »

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich, weil alle Beobachtungen bei annähernd gleicher Temperatur angestellt sind, unmittelbar die schon früher gewonnene Einsicht in den Zusammenhang zwischen dem Sättigungsgrade des Blutes mit Sauerstoff und dem Partiardruck des Sauerstoffs in der darüber stehenden Luft. Die Abhängigkeit, in der sich die beiden Grössen von einander finden, bietet jedoch auch diesmal nicht unbedeutende Unregelmässigkeiten.

Eine andere auffallende Erscheinung zeigt aber die obige Zusammenstellung darin, dass die Partiardrücke des Sauerstoffs in der über dem Blute stehenden Luft jetzt weit geringere sind, als sie es in der früheren Versuchsreihe waren. Dieses gilt namentlich für die höheren Sättigungsgrade. Als die Blutsorten mit atmosphärischer Luft geschüttelt wurden, betrug der Partiardruck in der Regel über 20 Mm., wenn der Sättigungsgrad über 0.5 gestiegen war, jetzt, als mit Stickstoff geschüttelt wurde, erhob sich der Partiardruck des Sauerstoffs noch nicht einmal auf 14 Mm., trotzdem dass die Sättigung auf 0.9 angewachsen. Der Grund dieser Erscheinung kann nicht gefunden werden in Eigenthümlichkeiten der bei diesen Versuchen angewendeten Blutsorten. Hiegegen spricht die Erfahrung, dass das Blut (14) je nachdem es mit Stickstoffgas oder atmosphärischer Luft geschüttelt wurde, die überstehende Luft bald mit einem niedern und bald mit einem höhern Partiardruck zurückliess.

Ferner spricht auch dagegen das Verhalten, welches das Blut in dem luftleeren Raume bei den Versuchen von *Holmgreen* darbot. In vier seiner Versuche, die sich in den Temperaturgrenzen von 20° bis 23° bewegten, lag der Partiardruck des

Sauerstoffs zwischen 9.4 und 11.1 Mm., also bei sehr ähnlichen Werthen, wie sie meine Stickstoffversuche für ein fast gesättigtes Blut gegeben haben. Obgleich der Sauerstoffgehalt des von *Holmgreen* angewendeten Blutes nicht ermittelt wurde, so dürfte doch die Annahme gestattet sein, dass auch die von ihm gebrauchten Blutsorten, weil sie die arterielle Färbung besassen, ihrer vollen Sättigung mit Sauerstoff sehr nahe gewesen seien. Wie nun in den Zahlen, so schliesst auch rücksichtlich der angewendeten Methoden das Verfahren von *Holmgreen* meinen mit Stickstoff ausgeführten Versuchen sich insofern an, als in beiden Fällen der Sauerstoff aus den Blutscheiben und dem Blutplasma in die überstehende Luft auszutreten hatte. *)

Die Unterschiede der Spannungszahlen, welche bei den beiden Methoden zum Vorschein kommen, müssen daher eine andere Ursache haben. Soweit ich sehe, können sie nur in den Widerständen begründet sein, welche sich der Verbreitung des Sauerstoffs innerhalb des Blutplasmas und innerhalb der Masse der Scheiben entgegensetzen. Dass das Blutplasma einen Widerstand bietet, lässt sich aus meinen Versuchen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit schliessen.

Mehrere meiner Versuche, in welchen sauerstoffarmes Blut mit sauerstoffreicher Luft geschüttelt wurde, weisen darauf hin, dass alles andere gleichgesetzt der Partiardruck des Sauerstoffs zunimmt, wenn der Gehalt des Blutes an Scheiben sich mindert. Dieses rührt muthmasslich davon her, dass das Plasma einen Widerstand für den Eintritt des Sauerstoffs darbietet. Wenn aber diess der Fall ist, so müssen auch diese Blutsorten, in welchen der Gehalt des Blutes an Scheiben relativ gering ist, beim Schütteln mit N geringe O-Mengen ausgeben, also geringe

---

*) Endlich sprechen dagegen möglicherweise anderweite Erfahrungen. *L. Hermann* (»Ueber die physiologischen Wirkungen des Stickstoffoxydulgases« Reichert und du Bois-Reymonds Archiv J. 1864. pag. 526—528) fand, dass arterielles Blut, mit H oder N stark geschüttelt, keine Verdunkelung zeigt. Er glaubte demnach annehmen zu müssen, dass diese Gase den O aus dem Blute gar nicht austreiben. Er hat sich aber bald davon überzeugt, »dass in der That H, N, NO den Sauerstoff aus dem Blute auszutreiben vermögen« (cfr. *L. Hermann* »Ueber die Wirkungen des Stickstoffoxydgases auf das Blut« Reichert u. du Bois-Reymonds Archiv J. 1865 pag. 470—471). *W. Kühne* (»Lehrbuch der physiol. Chemie« J. 1868. pag. 216—217) scheint zu glauben, dass nicht der chemisch gebundene O, sondern nur der absorbirte O durch diese Gase ausgetrieben wird.

O–Spannung setzen. In der That scheint auch diess aus meinen Versuchen hervorzugehen. Leider ist nur in einem der Versuche, in welchem das Blut mit Stickstoff geschüttelt wurde, der Gehalt des Blutes an Blutkörperchen sehr gering, so dass ich nur diesen einen Fall als Beleg anführen kann. In diesem (14. p. 375) Falle war der Sauerstoffgehalt des gesättigten Blutes 11.63, der O–Gehalt des geschüttelten Blutes 9.55, die relative Sättigung also 0.82; trotz dieser hohen Sättigung und trotz der hohen Temperatur von 20.9° C. war der Partiardruck des Sauerstoffs nur 6.6 Mm., während im Falle 13 bei 17.85 totaler Sättigung und bei 0.86 und 0.93 relativer Sättigung die Spannungen bei einer Zimmertemperatur von nur 18.1° C. 9.6 und 13.9 Mm. betrugen. Obwohl ich davon weit entfernt bin aus diesem Ergebnisse etwas Bestimmtes zu schliessen, glaube ich doch einen Fingerzeig für weitere Untersuchungen geliefert zu haben.

Dass auch die Scheiben dem Sauerstoff einen gewissen Widerstand darbieten müssen, lässt sich a priori annehmen; da aber meine Befunde in dieser Hinsicht Nichts schliessen lassen, kann ich dieses nur als eine Vermuthung *) hinstellen.

*) In den Versuchen, in welchen das sauerstoffarme Blut mit sauerstoffreicher Luft geschüttelt wird, kommen die Blutscheiben in Berührung mit freiem Sauerstoffgas, dessen Spannung eine grössere ist, als diejenige des Sauerstoffs, welcher schon in ihnen enthalten. Es werden sich zunächst die auf ihrem äusseren Umfang gelegenen Hämoglobintheilchen soweit mit Sauerstoff sättigen, als es die Spannung des umgebenden Sauerstoffs gestattet, und es wird von da ab die Fortbewegung des Sauerstoffs gegen die inneren Schichten der Scheibe nur unter dem Druckunterschiede geschehen, welcher zwischen ungesättigten Theilen des Mantels und des Inneren besteht. Da dieser aber wohl nur ein sehr geringer ist, so wird auch der Sauerstoff nur sehr allmählig von aussen nach innen fortschreiten und in demselben Maasse wird auch der Sauerstoff in die Masse der Scheiben nachdringen. Ist diese Darstellung richtig, so wird es sich ereignen müssen, dass die Abnahme der Sauerstoffmenge in der Luft äusserst langsam und namentlich in einem solchen Grade erfolgt, dass die Aenderungen, welche von Viertel- zu Viertelstunde im Stande des Manometers erfolgen, kaum merklich werden. Alsdann ist man zu der Meinung verführt, dass die Ausgleichung der Sauerstoffspannung mit dem Sauerstoffgehalt der gesammten Masse der Scheibe erfolgt sei, während dieses in der That nur mit dem Sauerstoffgehalt der Hämoglobintheilchen geschehen ist, welche die Oberfläche der Scheiben bedecken. Führt man jetzt die Analysen des Sauerstoffgehaltes von Luft und Blut aus, so wird man eine höhere Zahl für den Partiardruck des Sauerstoffs finden, als sie dem Sauerstoffgehalt der

Wenn diese Betrachtungen richtig sind, so wird diejenige der angewendeten Methoden, bei welcher das Blut mit einer sauerstoffhaltigen Luft geschüttelt wird, einen höheren Partiardruck geben, als er dem gefundenen Sauerstoffgehalt der Scheiben entspricht, und umgekehrt, es wird diejenige, bei welcher das Blut mit sauerstofffreier Luft in Berührung kam, einen niedrigeren Partiardruck liefern, als er den Scheiben von dem gefundenen Sauerstoffgehalt zukommt.

Die im Vorhergehenden geschilderten Befunde fordern unsere Einsicht in die Constitution des Blutes in nicht geringem Grade. Aus diesen Versuchen erhellt, dass innerhalb bestimmter Grenzen der Temperatur und des Sauerstoffdrucks eine partielle Abgabe des Sauerstoffs der Blutscheiben stattfindet, dass die Grösse dieser Abgaben innerhalb dieser Grenzen mit dem Druck und der Temperatur sich ändert, dass aber die Ermittelung der speciellen Gesetze wegen vielfacher Complicationen grosse Schwierigkeiten darbietet.

Dass hier bestimmte Gesetze vorliegen müssen, wird aus folgenden Betrachtungen ersichtlich.

Ueber die Zusammensetzung eines Blutes, welches nicht mit Sauerstoff vollkommen gesättigt ist, lassen sich die beiden Vorstellungen bilden, entweder ist der O über die Moleküle des Hämoglobins derart vertheilt, dass sie sämmtlich auf einer niederen Stufe der Oxydation (oder beziehungsweise in einer physikalischen Verbindung mit dem Sauerstoff) stehen, oder das nicht vollkommen gesättigte Hämoglobin ist ein Gemenge

Scheiben entsprechen würde, vorausgesetzt, dass sich die Spannung beider Sauerstoffarten ausgeglichen hätte.

Das gerade Entgegengesetzte muss sich ereignen, wenn man die sauerstoffhaltigen Körperchen in eine sauerstofffreie Luft bringt. In diesem Falle werden die Hämoglobintheilchen auf der Oberfläche der Scheiben zunächst ihren Sauerstoff entlassen, und zwar so lange, bis das weitere Entweichen durch den im Luftstrome enthaltenen Sauerstoff verhindert wird. Nehmen wir auch hier, weil dieselben Bedingungen wie vorher bestehen, ein langsames Fortschreiten des Sauerstoffs vom Centrum gegen den Umfang der Scheiben an, so wird auch diesmal, ohne dass eine vollständige Ausgleichung stattgefunden, der Anschein entstehen können, als ob die Sauerstoffspannung durch alle Theile der Scheibe ins Gleichgewicht gesetzt wird mit derjenigen des Sauerstoffs in dem umgebenden Luftraume.

aus vollkommen gesättigten und vollkommen sauerstofffreien Molekülen. Die erste dieser Annahmen ist an und für sich unwahrscheinlich, namentlich aber in Anbetracht der Erfahrungen, die wir über Oxyhämoglobin besitzen, die zweite Annahme dagegen ist nach unseren jetzigen Kenntnissen die richtige, *) da man die O–Verbindung des Hämoglobins (Oxyhämoglobin) als eine chemische Verbindung nach atomistischen Verhältnissen ansehen muss.

Zu den Bedingungen, unter welchen das Oxyhämoglobin bestehen kann, gehört nun die Anwesenheit eines bestimmten Sauerstoffdruckes in der Umgebung und eine bestimmte Temperatur; wenn dieser Sauerstoffdruck fehlt oder wenn die Temperatur höher steigt, zerfällt die Verbindung in Hämoglobin und O. Der Zerfall wird so lange fortschreiten, bis die freigewordene Sauerstoffmasse der Flüssigkeit eine Spannung erreicht hat, bei welcher der Zerfall der noch vorhandenen Oxyhämoglobinmoleküle verhindert ist.

Da zwischen der freigewordenen Sauerstoffmasse der Lösung und dem in dem Luftraume vorhandenen Sauerstoff ein stetiger Austausch nach ganz bestimmten Gesetzen erfolgt, so muss die im Luftraume vorhandene Spannung des Sauerstoffs in einer bestimmten Abhängigkeit von derjenigen des genannten Gases in der Flüssigkeit stehen.

Es gilt daher die Bedingungen näher zu untersuchen, von welchen das Freiwerden des Sauerstoffs in der Flüssigkeit abhängt. Hiefür kommen zu-

*) Diese Annahme ist übrigens eine so gut wie festgestellte Thatsache, da *Hoppe-Seyler* wie mir scheint mit Schärfe nachgewiesen hat, dass das mit Sauerstoff nicht vollkommen gesättigte Blut ein Gemenge von Hämoglobin und Oxyhämoglobinmolekülen enthält. Cfr. *Hoppe-Seyler*, Centralblatt f. d. med. Wissenschaften J. 1864. No. 52. »Sowohl *Stokes* als ich konnten im venösen Blute deutlich die beiden Absorptionsstreifen des sauerstoffhaltigen Hämoglobin unterscheiden, aber ich habe bereits in meiner zweiten Mittheilung Virchow's Archiv Bd. 29 S. 233 die Verschiedenheit des sauerstoffhaltigen und sauerstofffreien Blutfarbstoffs hinsichtlich der am schwächsten absorbirten Lichtstrahlen beschrieben und mit diesem Hülfsmittel, d. h. der Spectraluntersuchung bei starker Concentration der Blutlösung ist es leicht sich zu überzeugen, dass das venöse Blut wirklich sauerstofffreies Hämoglobin enthält, während das Verhalten in sehr dünner Schicht die gleichzeitige Anwesenheit des sauerstoffhaltigen zeigt.«

nächst 1) die Temperatur der Flüssigkeit und 2) das Verhältniss, in welchem die Zahlen der Hämoglobin- und Oxyhämoglobinmoleküle zu einander stehen, in Betracht:

ad 1) Die Menge des freien Sauerstoffs der Flüssigkeit wird mit der Temperatur steigen, weil der Zerfall mit steigender Temperatur um so leichter eintreten muss. Nur bleibt hier das unklar, warum innerhalb gewisser Temperaturgrenzen nur eine partielle Zerlegung stattfindet. Hierüber hat Herr Dr. *Leopold Pfaundler* in seinen »Beiträgen zur chemischen Statik« *) werthvolle Betrachtungen angestellt. Da diese Betrachtungen noch nicht in die Physiologie eingebürgert sind, werde ich mir im Folgenden erlauben, einige Citate aus dieser Abhandlung zu benützen. Die Annahme, dass »die Veränderung die einzelnen Moleküle ungleich trifft, indem z. B. ein Theil derselben ganz zerfällt, während die übrigen unzersetzt bleiben, enthält Etwas, was sich schwer vorstellen lässt. Man kann sich nicht recht denken, warum bei derselben Temperatur, bei der die eine Anzahl der einander offenbar gleichen Moleküle zerfallen muss, die übrige Menge derselben unzerlegt bleiben könne. Wenn es die Temperatur ist, in Folge welcher sie zerfallen, diese aber dieselbe ist, so müssen, da gleiche Ursachen gleiche Wirkungen haben, alle dieselbe Veränderung erleiden.«

»Diese Schwierigkeit zu beseitigen, will ich nun versuchen . . .«

»*Deville* hat bereits die Analogie hervorgehoben, welche zwischen der partiellen Zerlegung von Verbindungen unterhalb der eigentlichen Zersetzungstemperatur und der Verdampfung der Flüssigkeiten unterhalb der Siedetemperatur vorhanden ist. Dieser nämliche Gedanke war mir beim Lesen der Abhandlung von *Clausius*: »Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen« gekommen und hatte mich veranlasst, zu untersuchen, ob nicht in Folge eben dieser Aehnlichkeit der Erscheinungen auch eine ähnliche Hypothese, wie jene, mit welcher *Clausius* die Verdampfung erklärt hat, geeignet wäre, die Dissociation zu erklären. Ich fand nun seine Hypothese auf eine gewisse Klasse von Dissociationsvorgängen ohne Weiteres anwendbar. . .«

»Betrachten wir zunächst den Vorgang der Verdampfung und die Erklärung derselben nach *Clausius*.«

*) Pogg. Ann. Bd. CXXXI. J. 1867 pag. 55—63.

»Wenn man in einem geschlossenen Raume eine Flüssigkeit erwärmt, so verdampft ein Theil derselben, d. h. es geht von den an der Oberfläche liegenden Molekülen eine gewisse Menge in den darüber stehenden Raum, bis dieser eine bestimmte Anzahl derselben enthält. Solange dann die Temperatur dieselbe bleibt, ändert sich diese Anzahl nicht mehr. Man könnte nun hier ebenfalls fragen, warum wohl alle Moleküle, die sich an der Oberfläche der Flüssigkeit befinden, in den Dampf übergehen, da doch für sie die Temperatur dieselbe ist, wie für die anderen, welche sich bereits im Dampfe befinden. Der Fall ist entschieden analog. Wer sich bei diesem mit der Erklärung begnügt, dass die weitere Verdampfung durch den Partialdruck des Dampfes verhindert werde, der kann sich auch bei der Dissociation einer Verbindung mit der Erklärung zufrieden stellen, dass der Partialdruck der Dämpfe der ausgeschiedenen Bestandtheile das weitere Zerfallen der Verbindung verhindere, solange sich die Temperatur nicht ändert. Steigt diese um ein Gewisses, so wird eine weitere Anzahl von Molekülen zersetzt, bis der dadurch gesteigerte Partialdruck der in Freiheit gesetzten Bestandtheile mit der zersetzenden Kraft wiederum ins Gleichgewicht gekommen ist.«

»Ich finde diese Erklärung noch nicht genügend, denn abgesehen davon, dass es noch zu untersuchen wäre, ob man hier von einem Partialdruck, wie bei der Verdampfung, reden könne, und ob derselbe auf die chemisch verbundenen Moleküle eine ähnliche die Trennung verhindernde Wirkung ausüben könne, wie auf die durch die Cohäsion verbundenen, wäre das verschiedene Verhalten der einzelnen Moleküle immer noch unerklärt. Man muss also tiefer in die Sache eingehen und in Betrachtung ziehen, worin das Wesen des Partialdruckes bestehe. Dies hat *Clausius* ausgeführt.«

»Nach seiner Theorie besteht das Gleichgewicht nach dem Eintreten des Maximums der Spannkraft darin, dass in derselben Zeit eine gleich grosse Anzahl von Molekülen von der Oberfläche der Flüssigkeit in den darüber stehenden Raum fliegt, als aus diesem in die Flüssigkeit zurückkehrt.«

»Als Beispiel für alle jene Dissociationserscheinungen, auf welche sich diese Hypothese unmittelbar übertragen lässt, wähle ich die Zersetzung des kohlensauren Kalkes.«

Die Darstellung, welche Hr. *Pfaundler* von der Dissociation

des kohlensauren Kalkes giebt, lässt sich so schnurgerade auf das Oxyhämoglobin anwenden, *) dass die folgenden Betrachtungen ganz direct seiner Darstellung entlehnt sind.

Im geschlossenen Raume erwärmt, erleidet das Oxyhämoglobin von einer gewissen Temperatur an eine Dissociation, d. h. eine Anzahl seiner Moleküle, deren innere Bewegung das Maximum überschritten hat, zersetzt sich; die freigewordenen Moleküle des Sauerstoffs bewegen sich im Raume geradlinig fort und vermehren sich solange, bis die in der Zeiteinheit wieder aufgenommenen ebenso zahlreich geworden sind, als die abgestossenen. Lässt man die Temperatur um ein Weniges sinken, so wird die Anzahl der aufgenommenen Moleküle grösser als die der abgestossenen. Die Substanz absorbirt daher Sauerstoff. Verdrängt man nun die Sauerstoffmoleküle im Flüssigkeitsraume (Blutplasma) durch Durchleitung von H (oder ein anderes indifferentes Gas) so hört deswegen das Abstossen der Sauerstoffmoleküle nicht auf, weil die Ursache nicht aufgehoben ist, wohl aber die Aufnahme von Molekülen, weil sie fortgeführt werden. Das Oxyhämoglobin entwickelt also Sauerstoff im Wasserstoffstrome bei derselben Temperatur, bei der er ohne Wasserstoffstrom dieselbe absorbirt. Der Wasserstoffstrom verhält sich demnach dem Oxyhämoglobin und dem Sauerstoff gegenüber gerade so, wie gegenüber einer wasserhaltigen Substanz, die getrocknet werden soll.

Durch diese Betrachtungen, welche nothwendigerweise ungleiche innere Bewegungszustände der Oxyhämoglobinmoleküle voraussetzen, wird es, wie ich glaube, verständlich, warum innerhalb bestimmter Temperaturen nur eine partielle Zersetzung stattfindet und warum der Zerfall mit der steigenden Temperatur grösser wird. Die Menge des freien Sauerstoffs der Flüssigkeit muss also demnach mit der Temperatur der Lösung steigen.

ad 2) Die Menge des freien Sauerstoffs der Flüssigkeit muss aber auch, die Temperatur und alles andere gleichgesetzt, von dem Verhältniss, in welchem die Zahlen der Hämoglobin- und Oxyhämoglobinmoleküle zu einander stehen, abhängen. In einem

*) Der Unterschied besteht im Wesentlichen nur darin, dass das Oxyhämoglobin von einem Flüssigkeitsraum (Blutplasma) umgeben ist, und nur höchst ausnahmsweise mit dem Luftraume in Berührung kommt.



Blute, das nur wenig gebundenen Sauerstoff enthält, kann die Menge des freien Sauerstoffs nur gering sein, oder allgemeiner ausgedrückt: es wird die Menge des freien mit derjenigen des gebundenen Sauerstoffs (Oxyhämoglobins) wachsen. Diese Annahme stützt sich auf die Erwägung, dass in dem Maasse, in welchem innerhalb eines sonst unveränderlich zusammengesetzten Blutes die Zahl der sauerstoffhaltigen Moleküle abnimmt, auch die Zahl der Orte geringer wird, an welchen die Zerlegung des Oxyhämoglobins vor sich geht, während andererseits die Gelegenheit zur Wiederbindung des Sauerstoffs wegen der in grosser Anzahl und deshalb in der grössten Nähe befindlichen Hämoglobinmoleküle eine sehr ergiebige ist.

Die freie Sauerstoffmasse der Flüssigkeit muss also nach gesetzmässigen Verhältnissen mit der Zahl der Oxyhämoglobinmoleküle und mit der Steigerung der Temperatur der Flüssigkeit zunehmen.

Da nun nach den Absorptionsgesetzen der Sauerstoffgehalt der Luft in einem gesetzmässigen Verhältniss zu der freien Sauerstoffmasse der Flüssigkeit — der Sauerstoffgehalt der Luft wächst mit dem Gehalt des freien Sauerstoffs der Flüssigkeit und mit der Temperatur nach bestimmten Gesetzen — steht, so ist es ersichtlich, dass auch der Sauerstoffgehalt der Luft zu der Zahl der Oxyhämoglobinmoleküle (dem Sättigungsgrade) und zu der Temperatur der Lösung in einem bestimmten gesetzmässigen Verhältniss stehen muss.

Es ist mir indessen nicht gelungen und es wird möglicherweise nie gelingen diese Gesetze beim Blute zu ermitteln, weil viele Complicationen die grössten Schwierigkeiten darbieten. Solche Complicationen sind, wie ich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit dargethan habe, die specifischen Widerstände des Blutplasma und der Blutscheiben. Hiedurch wird die Vertheilung der freigewordenen Sauerstoffmasse durch das Blut im höchsten Grade erschwert, so dass eine unregelmässige Anhäufung derselben stattfinden muss. Diese Widerstände sind um so schwieriger zu ermitteln, als es aus meinen Versuchen zu schliessen ist, dass die Widerstände in den verschiedenen Blutsorten einer und derselben Thierspecies ausserordentlich variiren. Dasselbe geht muthmaasslich auch aus den Versuchen des Hrn. *Hoppe-Seyler* hervor. Nach *Hoppe-Seyler's* Erfahrungen kann das Blut in einigen Fällen sehr leicht von O durch das Durchleiten anderer Gase (z. B.

Wasserstoff oder Kohlensäure) befreit werden; in anderen ist es nicht der Fall. So beobachtete *Hoppe-Seyler* in einigen Fällen nach sechsstündigem Durchleiten der CO_2 durch defibrinirtes Hundeblut im Spectrum noch die zwei arteriellen Absorptionsstreifen. *)

Ferner ist es a priori nicht ganz unwahrscheinlich, dass der Absorptionscoëfficient des Blutplasma für den O bei den verschiedenen Blutsorten differiren kann; dass auch hiedurch Complicationen herbeigeführt werden, liegt auf der Hand.

Es kann daher nicht länger widersinnig erscheinen, sondern es liegt in der Natur der Sache begründet, dass ich anscheinend inconstante und unregelmässige Ergebnisse erhalten habe. Diess wird um so mehr begreiflich, wenn man bedenkt, dass die planmässige Variation meiner Versuche sich in den meisten Fällen auf verschiedene Blutsorten bezieht. Will man hier weiter und tiefer eindringen, so ist es nach dem eben Erörterten ersichtlich, dass man planmässig variirte Versuche mit einem und demselben Blute anstellen muss.

In diesem Falle muss es selbstverständlich viel leichter sein, die Complicationen genauer zu erforschen und die Gesetze festzustellen; hiefür sprechen auch die Ergebnisse meiner Versuche, in denen ich die Abhängigkeit der Partiardrücke des Sauerstoffs von verschiedenen Sättigungsgraden eines und des-

*) Cfr. *Hoppe-Seyler*, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1864 Nr. 52: »Wenn man frisches Blut mit Wasser verdünnt und mehrere Stunden lang Kohlensäure, die durch zwei mit doppelt kohlensaurem Natron gefüllte Waschflaschen gegangen ist, einleitet, so erhält man in allen Fällen venöse Färbung des Blutes, dabei verschwinden meist, wie es *Stokes* beschreibt, die beiden Absorptionsstreifen des Hämoglobin, indem sich allmählig der helle Zwischenraum zwischen ihnen verdunkelt, der zweite Streif sich neben E aufhellt, während der neben D stehende bei genügender Concentration der Lösung sich über D hinaus als schwächere Schattirung verbreitet; zugleich erhellt sich das Spectrum im Blau. In anderen Fällen aber konnten bei meinen Versuchen die beiden Absorptionsstreifen trotz 6stündigem Einleiten von Kohlensäure nicht zum Verschwinden gebracht werden.« Cfr. auch *Dybkowsky*, »Einige Bestimmungen über die Quantität des mit dem Hämoglobin lose gebundenen Sauerstoffs« in »Medicinisch-chemische Untersuchungen« herausgegeben von *Hoppe-Seyler*, Heft 1. J. 1866. pag. 122. — Da die Versuchsbedingungen nicht genauer erörtert sind, so können selbstverständlich die Beobachtungen der genannten Forscher in dieser Hinsicht nicht specieller verwerthet werden.



selben Blutes untersucht habe; in diesen Versuchen trat die Abhängigkeit des Partiardrucks des Sauerstoffs von dem Sättigungsgrade des Blutes so deutlich hervor, dass man mit einem gewissen Rechte vermuthen kann, mittelst ähnlicher und anderer — durch diese Untersuchung vorgezeichneter — Versuchspläne mit einem und demselben Blute die Fragen der Lösung näher zu bringen.

Es schien mir aber nicht am nächsten zu liegen, solche Versuche anzustellen, welche auf diesem Standpunkt der Untersuchung für die Physiologen im Wesentlichen nur den Werth interessanter Details haben können; es lag mir vielmehr ob, dieselben Versuche mit Lösungen von Oxyhämoglobin anzustellen, um zu sehen, ob auch in diesem Falle im Wesentlichen dieselben Erscheinungen eintreten; diese Untersuchung schien mir von einer fundamentalen Wichtigkeit zu sein und trat daher zunächst in den Vordergrund.

§ 3.

Versuche mit Lösungen von Oxyhämoglobin.

Diese Versuche sind von hoher Wichtigkeit. Die genaue Erforschung der Dissociationserscheinungen irgend eines bestimmten chemischen Körpers ist eine Hauptaufgabe der jetzigen physikalischen Chemie, und das specielle Studium des Oxyhämoglobins gewinnt für die Physiologie ein noch viel höheres Interesse dadurch, 1) dass das Schicksal des Sauerstoffs der Blutkörperchen mit dem ganzen Ernährungsvorgang auf das Innigste verknüpft ist, und 2) dass die Oxyhämoglobine die einzigen bisher bekannten Individuen der Eiweissgruppe sind. Die Thatsache der Krystallisirbarkeit dieser, der Gruppe der Albuminate angehörigen, Blutbestandtheile ist auf unserem jetzigen primitiven Standpunkte der Kenntniss der Eiweisskörper so interessant und überraschend, dass man schon aus diesem Grunde darauf auszugehen hat mittelst einer exacten Experimentalkritik eine breite und allseitige Grundlage für die Beurtheilung der chemischen Constitution und der physiologischen Beziehungen dieser Körper zu gewinnen.

Vorerst tritt hier die Frage in den Vordergrund, ob das Oxyhämoglobin als solches in den Blutscheiben präformirt ent-

halten ist. Diese Frage ist die Hauptfrage und harrt daher in erster Linie ihrer Entscheidung.

Leider hat diese Frage zur Zeit nicht direct gelöst werden können. Nur mittelst Hülfe derartiger Agentien, welche die Blutkörperchen als solche zerstören, kann das Oxyhämoglobin dargestellt werden, und niemals hat man in den unversehrten Blutscheiben Oxyhämoglobinkrystalle gesehen, was man doch jedenfalls unter Umständen erwarten musste, weil das Oxyhämoglobin innerhalb der Scheiben in einer ausserordentlich gesättigten Lösung ist.

Da der directe Nachweis des Oxyhämoglobins im Blute fehlt, so hat man mittelst Hülfe des vergleichenden Studiums der Eigenschaften des Hämoglobins und der Blutkörperchen gesucht Wahrscheinlichkeitsbeweise zu liefern.

Insbesondere den Forschungen des Hrn. Prof. *Hoppe-Seyler* verdankt man die bisher gewonnenen Ergebnisse. Von diesen sind hier folgende hervorzuheben:

1) die Einwirkung sämmtlicher Hämoglobine und sämmtlicher rother Blutkörperchen auf das Licht ist, soweit sich diess beobachten lässt, qualitativ genau die nämliche; *)
2) der rothe Farbstoff des Blutes, das Hämoglobin, verbindet sich mit Sauerstoff in derselben Weise, wie wir es in den Blutkörperchen sehen; die Lichtverhältnisse werden in beiden Fällen ganz gleich durch die Oxydation beeinflusst; es lässt sich durch Evacuation oder durch reducirende Substanzen dieser Sauerstoff sowohl von den Blutkörperchen als vom Blutfarbstoff trennen, ohne dass weder die Blutkörperchen noch das Hämoglobin dabei unfähig gemacht werden unter passenden Verhältnissen wieder Sauerstoff aufzunehmen; die Quantität des Sauerstoffs, welche mit dem Hämoglobin in der wässrigen Lösung sich binden kann, kommt ziemlich genau der Menge des Sauerstoffs gleich, welchen man aus dem entsprechenden Volumen des Blutes bei der Gasanalyse gewinnt. **)

Diese grossen Aehnlichkeiten, vorzugsweise das gleiche optische

---

*) Cfr. *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Unters. Heft 2. J. 1867 pag. 171; Heft 3. J. 1868 pag. 370.

**) Cfr. *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Untersuch. Heft 1. J. 1865 pag. 134. cfr. *Dybkowsky*, ibidem pag. 127—128, 131.

Verhalten, stützen die Annahme, dass das Oxyhämoglobin als solches auf irgend eine Weise in den Blutscheiben enthalten ist, in erheblichem Grade. Um aber die grosse und tiefe Bedeutung dieser Aehnlichkeiten für unsere Frage noch sicherer festzustellen, gilt es durch eine nach den Regeln strenger wissenschaftlicher Kritik angestellte Controle die Verhältnisse bis in Details zu verfolgen. Eine solche Controle wird nun vielleicht durch meine Versuche erhalten werden können.

Ich habe gezeigt, dass unter einem gewissen Partiardruck des Sauerstoffs der Luft eine unvollkommene Sättigung der Blutscheiben mit Sauerstoff eintritt. Wenn es sich nun aus den Versuchen mit den Hämoglobinlösungen herausstellen wird, dass unterhalb eines annähernd gleichen Druckes (20—30 Mm. Hg) die Oxyhämoglobinlösungen Sauerstoff abgeben, und dass dieser Partiardruck im Wesentlichen ebenso wie beim Blute mit der Temperatur und dem Sättigungsgrade sich ändert, so wird der tiefe und innige Zusammenhang zwischen dem Oxyhämoglobin und dem näher zu erforschenden Körper der Blutscheiben noch klarer und schärfer hervorgehen; nebenbei werden aber auch gewünschte Aufschlüsse über die chemische Constitution des Oxyhämoglobins erhalten werden können.

Es ist aber hier ausdrücklich hervorzuheben, dass man nicht erwarten kann mit den Hämoglobinlösungen ganz gleiche Resultate wie mit dem Blute zu bekommen. Voraussichtlich können nur annähernd gleiche Ergebnisse erhalten werden und zwar aus folgenden Gründen:

1) Es liegt keine Nothwendigkeit dafür vor, dass sich das freie Hämoglobin gerade so wie das in den Scheiben eingeschlossene verhalten müsse, denn wenn auch das Hämoglobin der Scheiben und das aus der Lösung der Blutkörperchen gewonnene ihrer chemischen Constitution nach identisch sind, so bleibt damit noch nicht ausgeschlossen, dass durch irgend welchen von der Zusammensetzung des Oxyhämoglobin unabhängigen Umstand innerhalb der Blutscheibe die Festigkeit geändert werde, mit welcher der Sauerstoff an dem dort befindlichen Hämoglobin haftet;

2) die specifischen Widerstände der Blutscheiben und des Blutplasma sind ganz andere, als diejenigen einer wässerigen Lösung von Hämoglobin; ferner ist es höchst wahrscheinlich, dass der Absorptionscoëfficient der Flüssigkeit

(Blutplasma, Hämoglobinlösung) in beiden Fällen um ein wenig differirt;

3) man kann zu den Versuchen mit Hämoglobin nicht ohne Gefahr grösserer Zersetzung Lösungen von derselben Concentration wie das Blut anwenden.

Die Resultate können daher nur im Wesentlichen übereinstimmen; gewisse Abweichungen müssen stattfinden: diese Abweichungen werden aber voraussichtlich nicht das Resultat stören; im Gegentheil: es wird vielleicht durch dieselben das Verhältniss des dem Hämoglobin entsprechenden Körpers innerhalb der Blutscheiben und die specifischen Widerstände des Blutes beleuchtet werden können.

Es lag mir am nächsten mit Sauerstoff gesättigte Hämoglobinlösungen mit sauerstoffarmer Luft zu schütteln, weil es viel leichter ist, eine reine Oxyhämoglobinlösung, als eine reine Hämoglobinlösung darzustellen.

Die Versuchsmethode war ganz die nämliche wie beim Blute. Das Oxyhämoglobin, welches mir zu meinen Beobachtungen diente, war jedesmal durch mehrmalige Krystallisation gereinigt. Die Darstellung geschah ebensowohl nach dem Verfahren von *Kühne*, *) als nach dem von *Hoppe-Seyler*. **)

Die leichte Zersetzbarkeit des Hämoglobins in Lösung ist der Schärfe des Versuchs gefahrbringend. Ich habe dieselbe dadurch unschädlich zu machen gesucht, dass ich Lösungen anwendete, welche bei der Temperatur, in der sie geschüttelt wurden, verhältnissmässig sehr wenig concentrirt waren, und dadurch, dass ich eine geringe Menge von Natron (oder kohlensaurem Natron) zusetzte. Die Lösung enthielt ca. 0.1 Procent davon.

Nach Beendigung eines jeden Versuchs habe ich mich durch die Spectralbeobachtung davon überzeugt, dass die Hämoglobinlösung keine sichtbare Spur eines Hämatinstreifens gewahren liess. Diese Vorsichtsmaassregeln lassen mich hoffen, dass das für jeden Versuch frisch bereitete Hämoglobin während der kurzen Dauer (2—3 Stunden) dieses letzteren so gut wie keine

*) *Kühne*, Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften J. 1863 Nr. 53.

**) *Hoppe-Seyler*, Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse. 3. Auflage J. 1870 pag. 215.

Veränderung erlitten habe. Ich habe nur zwei Versuche angestellt und zwar waren die Lösungen in diesen Versuchen von ziemlich verschiedener Concentration. Die nachstehenden ausführlich mitgetheilten Versuche geben Auskunft über meinen Befund.

Versuch I.

Die Hämoglobinkrystalle, aus Hundeblut nach dem Verfahren von *Hoppe-Seyler* bereitet, wurden bei 13.8° C. in eine verdünnte Lösung von kohlensaurem Natron aufgelöst.

Die Lösung enthielt 3.9 Procent Hämoglobin. 100 Cb.C. derselben gaben 4.1 Cb.C. O.

Von diesen 4.1 Proc. O ist bei 13.8° C. und einem Sauerstoffdruck von 158.8 Mm. 0.48 Proc. O als absorbirt anzunehmen; 100 Cb.C. enthielten daher muthmaasslich nur ca. 3.6 Cb.C. chemisch gebundenen O. *)

A.[1] Volum des ganz sauerstofffreien Stickgases bei 0° und 1 Mtr. Druck = 46.7 Cb.C.

Volum der Hämoglobinlösung	=	160 »
Gase der Hämoglobinlösung nach dem Schütteln	=	3.16 Proc. O**)
Luft des Apparates nach dem Schütteln	=	0.198 Proc. O 0.22 »
Barometerstand	=	0.756 Meter
Temperatur	=	13.8° C.

O-Druck dieser Lösung 15.8 Mm. Hg.

Von diesen 3.16 Proc. O der Hämoglobinlösung nehme ich an, dass bei 13.8° C. und einem Sauerstoffdrucke von 15.8 Mm. ca. 0.05 Proc. absorbirt ist; 100 Cb.C. der Lösung enthielten daher muthmaasslich 3.11 Cb.C. chemisch

---

*) Nach *Dybkowsky* (Med.-chem. Unters. Heft 1. J. 1866 pag. 127), *Preyer* (Centralblatt für die med. Wissenschaften J. 1866 pag. 323) und *Hoppe-Seyler* (Med.-chem. Unters. Heft 2. J. 1867. p. 192) beträgt die Quantität des durch Evacuiren abtrennbaren Sauerstoffs 1.2 bis 1.3 Cb.C. für 1 Grm. trockne Krystallsubstanz im Falle, dass die Krystalle in Wasser gelöst sind. In diesem Versuche dagegen hat 1 Grm. Hämoglobin kaum 1 Cb.C. O gegeben; diess rührt, wie ich glaube, wesentlich davon her, dass die Bestimmung des Hämoglobingehalts vielleicht nicht ganz genau war; diess thut aber der Beurtheilung des Versuchs keinen Eintrag.

**) Die Kohlensäure wurde selbstverständlich vor der Ueberführung in das Eudiometer absorbirt.

A.[2] Volum des angewendeten Gases bei 0° u. 1 Mtr. Druck = 39.8 Cb.C.
Volum der Hämoglobinlösung . . . . = 70 »
Gase der aus dem Apparate genommenen Hämoglobinlösung . . . . = 1.66 Proc. O
Luft aus dem Apparate . . . . = { 2.14 » / 2.05
Barometerdruck und Temperatur wie in A.[1]
O-Druck dieser Lösung 15.25 Mm. Hg.

Von diesen 1.66 Proc. O der Hämoglobinlösung nehme ich an, dass bei 10.2° C. und einem Sauerstoffdruck von ca. 15.3 Mm. beinahe 0.05 Proc. O absorbirt ist; 100 Cb.C. der Lösung enthielten daher muthmaasslich 1.61 Cb.C. chemisch gebundenen O.

Wenn wir 2.31 als die totale Sättigung hinstellen, so ist die relative Sättigung 0.7.

Das Ergebniss des Versuchs erhellt aus folgender Uebersichtstabelle:

Totale Sättigung	Partielle Sättigung	Relative Sättigung	Partiardruck des O der Luft	Temperatur
2.31	1.96	0.85	16.5 Mm. 14.1 »	10.2° C.
»	1.61	0.7	15.6 14.9	»

Es geht auch aus diesem Versuche mit hohem Grade von Wahrscheinlichkeit hervor, dass eine Oxyhämoglobinlösung unter einem gewissen O-Druck, dessen oberste Grenze kaum über 20 Mm. liegen kann, chemisch gebundenen Sauerstoff abgiebt; die relative Sättigung 0.7 lässt sich wohl kaum von einer Zersetzung erklären; die Zersetzung konnte, wie mir schien, nur höchst minimal gewesen sein; jedenfalls liess sich in der Lösung keine Spur von Zersetzung nachweisen. Es giebt ausserdem mehrere Fälle, in welchen eine verdünnte alkalische Hämoglobinlösung Stundenlang gar keine Spur von Zersetzung zeigt. Gerade in diesem Falle schien die Lösung sehr dauerhaft zu sein; selbst nach der Auspumpung, welche in diesem Versuche ohne nachträglichen Säurezusatz (bei 40° C.) geschah, liess sich keine Spur von Zersetzung nachweisen. Die ausgepumpte Lösung zeigte nämlich nach dem Schütteln mit atmosphärischer Luft sehr starke Oxyhämoglobinstreifen und keinen Hämatinstreifen.

Man kann indessen folgenden Einwand machen. Die Zersetzung kann eine verhältnissmässig ziemlich erhebliche sein, ohne dass sie spectroskopisch nachweisbar ist. Der Hämatin-



streifen ist nämlich nicht sichtbar, wenn die Hämatinlösung eine sehr geringe Concentration hat. Dieser Einwand hat allerdings Berechtigung in Betracht der Erfahrungen, welche ich (und wohl auch Andere) in einem paar Fällen, in welchen ich den Lösungen von Oxyhämoglobin Säure zusetzte, gemacht habe. Fügte ich eine geringe Menge von einer verdünnten Oxalsäurelösung hinzu, so beobachtete ich gar keine Veränderung weder hinsichtlich der Farbe, noch hinsichtlich der Stärke der Absorptionsstreifen; keine Spur von Hämatinstreifen war nachweisbar; fügte ich nun noch mehr Säure hinzu, bis eine schwache Missfärbung eintrat, wurden die Oxyhämoglobinstreifen schwächer; sie waren aber noch deutlich sichtbar; in den ersten Minuten nachher war keine Spur von Hämatinstreifen bemerkbar; erst nach einiger Zeit kam der Hämatinstreifen zum Vorschein, verschwand aber wieder, als ich die so behandelte Lösung mit Wasser verdünnte. Ferner ist zu bemerken, dass in diesem Versuche zwei verschiedenen partiellen Sättigungsgraden gleiche Partiardrücke entsprechen; diess scheint mir ein bedenklicher Umstand zu sein und weist darauf hin, dass die Cautelen, welche bei diesen Versuchen nothwendig werden, ganz ungemein gross sind.

Trotz dieser Einwände glaube ich, wenn man die Ergebnisse beider Versuche zusammenhält, mit hohem Grade von Wahrscheinlichkeit schliessen zu können, dass das Oxyhämoglobin bei ca. 12° C. unterhalb 20 Mm. Druck eine Dissociation erleidet.

Es scheint daher durch diese Versuche ein neuer und wichtiger Stützpunkt für die Annahme geliefert zu sein, dass das Oxyhämoglobin als solches auf irgend eine Weise in den Blutkörperchen enthalten ist. Auf Basis dieser Annahme werde ich die Ergebnisse dieser Versuche mit denjenigen des Blutes vergleichen. Den Versuchen mit der Oxyhämoglobinlösung gemäss stellt sich die Spannung, welche das Hämoglobin bei einem Sättigungsgrade von 0.8 aufweist, auf 15.2 bis 15.8 Mm. bei einer Temperatur von 10—12° C. Nach den Beobachtungen, in welchen das Blut mit sauerstoffhaltiger Luft geschüttelt wurde, stellte sich in denselben Grenzen der Sättigung die Sauerstoffspannung zwischen 17 und 27.5 Mm., bei denjenigen dagegen, in welchen das Blut mit Stickgas geschüttelt wurde, hielt sich für die Sättigungsgrade von 0.8 zu 0.9 die Sauerstoffspannung zwischen 6.6 und 13.9 Mm.; in diesen

beiden Fällen war die Temperatur (ein wenig) höher, als in den eben erörterten Versuchen. Dieses Resultat, wonach in dem ersteren Falle der Partiardruck durchweg um etwas höher, im letzteren dagegen durchweg etwas niedriger ausfiel, als bei der Anwendung einer Hämoglobinlösung, scheint auch darauf hinzuweisen, dass bei der Methode, nach welcher die Sauerstoffspannung in einem Blute bestimmt wird, welches durch Aufnahme von Sauerstoff seinen Druck mit dem freien Gase ausgleicht, zu hoch gefunden wird, während das Umgekehrte eintritt, wenn das Blut gezwungen ist, durch Abgabe von Sauerstoff seinen Druck mit dem in der Umgebung befindlichen auszugleichen. Mit anderen Worten, wir sind vielleicht mit der Zeit auf diesem Wege im Stande, die specifischen Widerstände des Blutplasma und der Blutscheiben beleuchten zu können. Um dieses genauer festzustellen, hatte ich eine grosse Anzahl von Versuchen mit Lösungen von verschiedener Concentration nach derselben Weise anzustellen; andererseits hatte ich auch — ebenso wie in den Versuchen mit dem Blute — reducirtes Hämoglobin mit sauerstofffreier Luft zu schütteln. Zu dem Ende suchte ich Oxyhämoglobin mit Hülfe von ferrum reductum zu reduciren, um Hämoglobin zu bekommen; es gelang mir aber nie, das Hämoglobin vollständig von dem feinvertheilten *) Eisen zu befreien. Die beste Methode, um reducirtes Hämoglobin darzustellen, ist wohl diejenige, die Oxyhämoglobinlösung mittelst eines Wasserstoffstromes zu reduciren. Leider aber sind die Versuche so mühselig und zeitraubend, dass ich Abstand nahm die Sache weiter zu verfolgen; ich bin auf diesem schwierigen Gebiete so oft mit den bittersten Verlusten an Zeit und Arbeitskraft zurückgeschlagen worden, dass ich mich genöthigt sah, die Versuche ad interim aufzugeben.

Durch diese Versuche wird auch die Annahme gestützt, dass das Oxyhämoglobin nicht als eine Verbindung zwischen Hämoglobin- und Sauerstoffatomen, sondern als eine Verbindung zwischen Molekülen anzusehen ist. **) Diese Annahme hat meh-

---

*) Beiläufig bemerke ich, dass die Reduction der Oxyhämoglobinlösung mittelst Eisen unvergleichlich viel schwieriger und langsamer als die Reduction des Blutes erfolgt.

**) Auf diese Annahme haben zuerst die Arbeiten von *Hoppe-Seyler* und *L. Meyer* meine Aufmerksamkeit hingeleitet. — Cfr. auch *O. Nasse*, Pflügers Archiv J. 1870 pag. 212.



rere Erfahrungen als Grundlage. Nach den Untersuchungen von *Preyer* *) ist es wahrscheinlich, dass 1 Molekül Hämoglobin sich mit 1 Molekül Sauerstoff verbindet, nach den Untersuchungen von *L. Meyer* **) und *L. Hermann* ***) ist es wahrscheinlich, dass 1 Molekül Kohlensäure und 1 Molekül Stickstoffoxyd das O-Molekül des Oxyhämoglobin vertritt, während das Sauerstoffmolekül als solches abgeschieden wird, nach den Untersuchungen von *Hoppe-Seyler* ist die Verbindung des O mit Hämoglobin eine lose, nach meinen Untersuchungen nun ist die Affinität des Sauerstoffs zu dem Hämoglobin jedenfalls in den Blutscheiben so gering, dass selbst bei niedriger Temperatur und bei einem nicht ganz unbeträchtlichen O-Druck der Luft Sauerstoff entweicht. Auf Basis unserer jetzigen chemischen Kenntnisse müssen wir demzufolge zu dem Schlusse kommen, dass Oxyhämoglobin als eine Molekularverbindung zu betrachten ist. Der Sauerstoff ist demzufolge bei der Trennung des Oxyhämoglobin in Sauerstoff und Hämoglobin nicht in statu nascenti befindlich, d. h. er wird nicht als Atom, sondern als Molekül †) frei und kann daher nicht anders wirken als der Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Diese Anschauung, welche in meinen Befunden eine Stütze findet, erklärt nun den für das Studium der Oxydationsvorgänge im Organismus höchst wichtigen Befund von *Hoppe-Seyler*, ††) dass weder das Blut, noch das Oxyhämoglobin (im Allgemeinen) ein hohes Oxydationsvermögen besitzen; sie (defibrinirtes Blut, Oxyhämoglobin) vermögen «selbst diejenigen im thierischen Organismus vorhandenen Stoffe nicht zu oxydiren, welche uns als die am leichtesten Sauerstoff aufnehmenden bekannt sind.» Auf Basis der durch

---

*) *Preyer*. Centralblatt für die med. Wissensch. J. 1866 pag. 325.

**) *Lothar Meyer*. De sanguine oxydo carbonico infecto. Vratislaviae. J. 1858. pag. 8.

***) *L. Hermann*. Arch. von Reichert u. du Bois-Reymond. J. 1865. pag. 480.

†) Ueber den Grund, warum das Molekül O viel weniger oxydirend wirkt als das Atom, lässt sich folgende Vorstellung bilden. Zur Herstellung des Moleküls O werden gewisse Bruchtheile von den den Constituenten (den Atomen) innewohnenden Kräften verbraucht, so dass nur gewisse Bruchtheile derselben übrig bleiben, mittelst welcher die zum Molekül verbundenen Atome in Wechselwirkung mit äusseren Agentien treten können.

††) Med. chem. Unters. Heft 1. J. 1866. pag. 136.

meine Befunde befestigten Annahme, dass Oxyhämoglobin als eine Molekularverbindung zu betrachten ist, lässt sich nach dem Vorhergehenden dieser Befund sehr gut erklären.

Um aber dieser Erklärung einen näheren Halt zu geben, um überhaupt präcise und detaillirte Schlussfolgerungen machen zu können, sind erneute, ausgedehnte und variirte Versuche, in denen die Temperatur ganz constant erhalten wird, nöthig.

Die Versuche müssen ausgedehnt und variirt werden. In dieser Hinsicht werde ich hier hervorheben, dass Versuche mit Lösungen von verschiedener Concentration und Qualität angestellt werden müssen. Es ist nicht unmöglich, dass die Verhältnisse mit der Concentration der Lösung sich verändern; nach den Erfahrungen von *Hoppe-Seyler* wird ein geringeres Volumen O erhalten, »wenn man die Krystalle ausgepresst, oder gar unter 0° getrocknet hat.« *) Ferner ist es sehr gut möglich, dass ein Zusatz von kohlensaurem Natron oder Natron u. s. w. oder Spuren von Alkohol, von denen die Krystalle schwierig ganz zu befreien sind, gewisse Veränderungen herbeiführen; diess ist um so mehr hervorzuheben, als man, um die Nichtkrystallisirbarkeit des Blutfarbstoffs innerhalb der Blutscheiben zu erklären, die Annahme**) macht, dass ein oder mehrere Stoffe der Blutscheiben (Albumin, Lecithin, Cholesterin, kohlensaures Natron (?)) den Blutfarbstoff in einem eigenthümlichen Zustande erhalten, »der aber wohl keine chemische Verbindung ist, aber doch das Krystallisiren dieser Körper hindert.« Wenn diese Annahme hier berechtigt ist, muss sie jedenfalls a priori auch in jenem Falle Berechtigung haben.

In jedem Falle aber würde man sich jedoch so lange zu hüten haben die mit Hämoglobinlösungen gefundenen Zahlen den physiologischen Beobachtungen zu Grunde zu legen, als man keine genaueren Kenntnisse von den Widerständen besitzt, welche der Sauerstoff beim Durchgang durch die Masse der Blutkörperchen und das Blutplasma zu überwinden hat.

---

*) *Hoppe-Seyler*. Med. chem. Unters. Heft 2. J. 1867. pag. 192.

**) *Hoppe-Seyler*. Med.-chem. Unters. J. 1866. pag. 148.

§ 4.

Schlussbemerkungen.

Die physiologische Bedeutung der Experimente, die ich über die Sauerstoffspannung in den Blutscheiben angestellt habe, bedarf im Allgemeinen keiner Umschreibung.

Stellen wir die Frage auf, ob wir mit Hülfe der gefundenen Zahlen etwas Genaueres feststellen können, werden wir bald zu der Ueberzeugung kommen, dass man hier mit der grössten Vorsicht zu verfahren hat.

Erstens haben die von mir gefundenen Zahlen keine Gültigkeit für den Strom des warmen Blutes, weil, wie es auch nach meinen Beobachtungen feststeht, mit der steigenden Temperatur die Spannung sich erhöht, und zweitens deuten die Unregelmässigkeiten der Zahlen noch auf unbekannte Bedingungen für ihre Grösse hin. Dieses letztere scheint indessen von keinem allzugrossen Belang zu sein, weil die Zahlen doch im Wesentlichen mit denjenigen durch eine andere Versuchsmethode erhaltenen — nämlich denjenigen des Hrn. *Holmgreen* — übereinstimmen, das Erste verliert nach den Resultaten der Durchleitungsversuche von *C. Ludwig* und *Al. Schmidt* jedenfalls z. Th. seine Bedeutung. *) Es ist nämlich ersichtlich, dass die von mir gefundenen Werthe der Sauerstoffspannung ihre volle Verwendung bei einer Beurtheilung der Sauerstoffverluste, welche bei künstlichen in der Luftwärme vorgenommenen Durchleitungen des Blutes durch frische Gewebe stattfinden, finden können. Da nun die Sauerstoffmengen, welche in den Versuchen der obengenannten Forscher von der Gewichtseinheit des Blutes abgegeben wurden, nahezu mit derjenigen übereinstimmen, welche auch im warmen Blutstrome beobachtet wurden, so werden die von mir gefundenen Spannungszahlen um so mehr Werth haben, als wir zum tieferen Verständniss der Oxydationsvorgänge noch sonst geringe Anhaltspunkte für Vermuthungen haben.

Es ist daher erlaubt, auf Grund der von mir erhaltenen Zahlen im Folgenden Betrachtungen anzustellen und bis zu einem gewissen Grade — aber wie eben gesagt nur mit der grössten Vorsicht — Folgerungen zu machen.

---

*) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Jahrgang 1868. Leipzig 1869. pag. 43—45.

Diese Untersuchung giebt uns Anhaltspunkte zum Verständniss

a) der Abhängigkeit der Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut des Lungenkreislaufs von dem Sauerstoffgehalt der Lungenluft;

b) der Abhängigkeit der Abgabe des Sauerstoffs aus dem Blute in die Gewebe von dem Sauerstoffgehalt des Blutes.

ad a) Wir haben gesehen, dass die Sättigung der Blutscheiben mit O unterhalb einer gewissen Druckgrenze des O der Luft mit der Verringerung des Druckes abnimmt. Es ist höchst wahrscheinlich gemacht worden, dass diese Druckgrenze bei der Aufnahme des O in das Blut (bei 20—23° C. zwischen 20—35 Mm.) gewöhnlich höher (ca. 10 Mm.) liegt, als diejenige, unterhalb welcher das vollkommen gesättigte Blut chemisch gebundenen O abgiebt (bei 20—23° C. zwischen 15—20 Mm.); es ist demnach zu vermuthen, dass die Grenze bei 40° C. in jenem Falle zwischen 30—40 Mm., in diesem zwischen 20—25 Mm. liegt.

Hieraus folgt, dass der Uebergang des Sauerstoffs aus der Lungenluft in das Blut keineswegs unabhängig von dem Sauerstoffdruck ist. Je höher der Gehalt des venösen Blutes an Sauerstoff und je niedriger der Druck des Sauerstoffs der Luft, um so geringer müssen die Geschwindigkeiten werden, mit welchen der Sauerstoff vom Plasma absorbirt wird und dieser vom Plasma in die Blutscheiben übertritt. Es ist nach meinen Untersuchungen zu vermuthen, dass die Geschwindigkeit des Ueberganges bei demselben Sauerstoffgehalt des venösen Blutes und bei demselben Sauerstoffgehalt der Luft mit bestimmten näher zu erforschenden Eigenthümlichkeiten des Blutes variirt. In dieser Hinsicht spielt muthmaasslich der Gehalt des Blutes an Blutscheiben eine grössere Rolle; es scheint nämlich aus meinen Versuchen hervorzugehen, dass die Druckgrenze bei der Aufnahme des O in das Blut um so höher liegt, je geringer der Gehalt desselben an Blutkörperchen ist, und umgekehrt. Die Annahme ist also nicht ganz unwahrscheinlich, dass die Geschwindigkeit des Ueberganges ceteris paribus grösser bei kräftigen, als bei schwächlichen (anämischen) Individuen ist.

Auf Basis unserer jetzigen Erfahrungen können wir keine Gesetze aufstellen, nach welchen die Geschwindigkeit des Ueberganges in jedem concreten Falle zu beurtheilen ist; wir

können höchstens lose Vermuthungen äussern; der Weg ist aber eröffnet, auf welchem man möglicherweise hier im Laufe der Zeit zum Ziele gelangen wird.

Dagegen können wir die Grenze, unterhalb welcher anderweitiger Erfahrungen zufolge der Partiardruck des O der Luft nicht herabsinken muss, ohne das Leben binnen ganz kurzer Zeit zu gefährden, in ein klareres Licht stellen. Nach den Untersuchungen von *W. Müller* folgt der Tod der Kaninchen sehr bald bei 3 Proc. O (22.5 Mm. Druck bei 0.75 Meter Barometerstand), nach den Untersuchungen desselben Forschers und denjenigen von *Regnault* und *Reisset* werden die Thiere (Kaninchen, Hunde, Katzen) dem Erstickungstode sehr nahe, wenn der Athmungsraum 4—5 Proc. O (30—37.5 Mm. bei 0.75 Mtr. Barometerstand) enthält. Alle diese Drücke liegen unterhalb oder nahe an der Druckgrenze, unterhalb welcher selbst beim stundenlangen anhaltenden Schütteln bei 40° C. keine vollkommene Sättigung des Blutes mit O eintritt. Wenn man nun bedenkt, dass der Partiardruck des O der Lungenluft in den Alveolen um ca. $^1/_5$—$^1/_6$ geringer als derjenige des O des Athemraumes ist, und dass mit dem Herabsinken des Drucks die Sättigung mehr und mehr unvollkommen wird, so wird es leicht zu verstehen, dass in diesen Fällen der Bedarf des Sauerstoffverbrauchs nicht selbst auf kurze Zeit befriedigt werden kann.

ad b) In den Körpercapillaren, in welchen das Blut mit den sauerstofffreien — wenigstens fast sauerstofffreien — Gewebesäften in innigeren Verkehr kommen, wird eine Abgabe des Sauerstoffs in diese Säfte stattfinden, und die Blutscheiben mehr oder weniger von ihrem lose gebundenen O verlieren. Die Abgabe dieses lose gebundenen O muss nach den Versuchen von mir und *Holmgreen* um so grösser werden, je höher die Temperatur, je grösser der O-Gehalt des Blutes, je grösser der Procentgehalt desselben an Scheiben und je geringer die O-Menge, welche die Gewebesäfte absorbirt enthalten, ist, und umgekehrt. Ich werde mir die Mühe ersparen, diess näher zu erörtern, anderweitige Erfahrungen, z. B. die Durchleitungsversuche von *C. Ludwig* und *Al. Schmidt*, um den Einfluss der Geschwindigkeit des Blutstromes und des Sauerstoffgehaltes des Blutes auf den Sauerstoffverbrauch zu ermitteln, mit Hülfe meiner Befunde zu beleuchten und Anwendungen auf verschiedene Zustände, z. B. Anämie, Fieber, Entzündung zu machen. Die Erörterungen

können nämlich nur ganz allgemein gehalten werden, sind als solche, wie ich glaube, selbstverständlich, und werden daher keinen weiteren Nutzen bringen.

Es ist vielmehr von Interesse zu erfahren, ob man mit Hülfe der von mir erhaltenen Zahlen darüber Aufschlüsse erhalten kann, ob die Diffusion des Sauerstoffs allein hinreicht, um den Sauerstoffverlust des Organismus zu erklären.

Meine Versuche ergeben ebenso wie *Holmgreens* mit der grössten Wahrscheinlichkeit, dass die Spannung des Sauerstoffs im arteriellen Blut bei 40° C. kaum über 20 Mm. hinausgeht. Aus dieser Zahl lässt sich durch einfache Ueberlegung schliessen, dass die Diffusion an und für sich nie ausreicht, um den Sauerstoffverlust zu decken, welchen das Blut in den Körpercapillaren erleidet. Herr Prof. *Ludwig* hat mir im Laufe dieser Untersuchung ausführliche Betrachtungen hierüber mitgetheilt, die für die Orientirung in dieser Frage von Wichtigkeit sind. Diese Betrachtungen sind die folgenden: Die Gewichtsmassen von Sauerstoff, welche die Scheiben in der Lunge gewinnen, und die, welche sie in den Körpercapillaren verlieren, müssen in der Zeiteinheit einander gleich sein, nach selbstverständlicher Voraussetzung. Die Kräfte, welche der Massenbewegung von Seiten der Diffusion an den genannten Orten zukommen, sind dagegen sehr ungleich. Da die Luft in den Lungen im Mittel mindestens 17 Proc. Sauerstoff enthält, so wird bei einem Barometerdruck von 0.75 Mtr. der mittlere Partiardruck des Sauerstoffs 0.127 Mtr. betragen. Da aber der Partiardruck auf den Scheiben des arteriellen Blutes im Maximum 0.020 Mtr. beträgt, so würde in den Lungen mindestens eine Diffusionsgeschwindigkeit vorhanden sein, welche einem Druckunterschied von 0.107 Mtr. *) entspräche. — Innerhalb der Körpercapillaren würde dagegen der Druckunterschied, welcher der Diffusionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs zu Gute käme, nur 0.020 Mtr.

*) Der von mir gemachten Erfahrungen zufolge, nach welchen die vollständige Sättigung des Blutes mit O bei 40° C. höchst wahrscheinlich oberhalb 30 Mm. liegt, hätte man eigentlich anstatt »0.107« »0.097« Mm. zu setzen; diess ist aber nicht nöthig, weil die Betrachtungen sogleich wohl ihre volle Gültigkeit haben, und vielleicht insofern nicht ganz zulässig, als die Spannung der Blutscheiben an und für sich — bei demselben Sättigungsgrade und demselben Blute — mag der Sättigungsgrad durch O-Aufnahme oder O-Abgabe entstanden sein, dieselbe sein muss.

betragen können, wobei die Voraussetzung zu machen ist, dass der Sauerstoff in den Scheiben am venösen Ende der Capillaren dieselbe Spannung besässe, wie in den am arteriellen Ende, und ferner dass in den Gewebesäften kein freier Sauerstoff vorkomme, wie denn letzteres in der That durch alle bisherigen Beobachtungen bestätigt worden ist. Diesem gemäss würde die Geschwindigkeit des Diffusionsstromes in den Körpercapillaren fünfmal und die Dichtigkeit des durchströmenden Sauerstoffs sechsmal kleiner sein, als in den gleichnamigen Gefässabschnitten der Lungen; daraus folgt dann weiter, dass, wenn die in der Zeiteinheit zu den Blutscheiben in der Lunge strömende Sauerstoffmasse gleich 1.00 gesetzt würde, die von den Blutscheiben zu den Gewebesäften diffundirende Sauerstoffmasse nur 0.03 betragen würde. Um den grossen Unterschied der Kräfte auszugleichen, welche in der Zeiteinheit diesen an den zwei verschiedenen Orten diffundirenden Sauerstoffströmen zu Gebote stehen, bliebe nur der Ausweg offen, dass die diffundirende Fläche in dem Kreislaufe des Körpers ausserordentlich viel grösser sei, als in dem der Lungen. Mit Rücksicht auf den Blutstrom selbst würde dieses bedeuten, dass die Geschwindigkeit der Blutscheiben in dem Körperkreislauf nur etwa 3 Proc. von derjenigen sei, welche die genannten Gebilde in den Lungencapillaren besitzen. Wollten wir diese Annahme trotz ihrer augenfälligen Unwahrscheinlichkeit gelten lassen, so würde damit doch wenig geholfen sein; denn die Erfahrungen über den Sauerstoffverlust des Blutes, welches durch lebende und überlebende Gewebe strömt, haben gezeigt, dass die von den Scheiben abgegebenen Sauerstoffmengen keineswegs proportional mit der Zeit wachsen, welche sie zu ihrem Durchgang durch die Capillaren verbrauchen. Um ein Beispiel für dieses Verhalten zu geben, genügt es, aus der Abhandlung von *C. Ludwig* und *Al. Schmidt* *) gleich den ersten der auf S. 43 angegebenen Durchleitungsversuche auszuwählen. In ihm wurde dasselbe Blut durch denselben Muskel abwechselnd bald mit grösserer und bald mit geringerer Geschwindigkeit geführt. Als ein Cubikcentimeter Blut 0.44 Minuten im Muskel verweilte, verlor er 0.085 Cubikcentimeter O. Als er dagegen 1.00 Minuten dort

*) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Jahrgang 1868. pag. 43.

zubrachte, verlor er 0.087 Centimeter O; daraus würde hervorgehen, dass bei einer Verdoppelung des Aufenthaltes noch kein Zuwachs des Sauerstoffverlustes von 3 Proc. gewonnen wäre. Mit diesem Beispiel stimmen nahezu alle anderen Erfahrungen überein, die auf dem vorgezeichneten Wege gewonnen wurden. Wenn demnach die Blutscheiben in einer Zeiteinheit, die unmittelbar nach ihrem Eintritt in die Capillaren verfliesst, viel mehr Sauerstoff ausgeben, als in einer gleichen späteren, so ist einzusehen, dass die längere Verdunstungszeit nicht ausreichen kann, um den Unterschied der diffusiven Kräfte auszugleichen, welche dem Blute in der Lunge und in den übrigen Geweben zu Gebote stehen.

Statt des eben gewählten Weges lässt sich auch noch ein anderer und zwar mit demselben Erfolge einschlagen. Nach *H. Welcker* *) bieten die in einem Cubikcentimeter Blut enthaltenen Scheiben eine Oberfläche von 6400 □ Centimeter dar. Da diese Fläche mit Plasma bedeckt ist, dessen Absorptionscoëfficient 0.02 beträgt, so beträgt hiermit der Antheil jener Fläche, welcher zum Durchgang des Sauerstoffs dienen kann, 128 □ Centimeter. Nun verliert nach vorliegenden Beobachtungen von *Sczelkow* **) ein Cubikcentimeter Blut beim Durchgang durch die Muskeln 0.120 Cubikcentimeter Sauerstoff von 0° und 1.00 Mtr. Hg-Druck. Dieses Volumen gibt auf 0.020 Mtr. Hg-Druck berechnet, 6.0 Cubikcentimeter, demnach würden durch 1 □ Centimeter Scheibenoberfläche 0.046 Cubikcentimeter Sauerstoff gegangen sein. Mit andern Worten, man hätte sich auf 1 □ Centim. Scheibenfläche eine Schicht von 0.046 Centimeter Höhe, die mit Sauerstoff ausgefüllt wäre, zu denken. Nun kann aus jener Fläche ein Theil Sauerstoff nur dann in das Plasma übergehen, wenn es von dem in einem früheren Zeitabschnitt hervorgetretenen mindestens um 50 gleich grosse Theile vom Plasma entfernt ist, daraus würde folgen, dass der letzte Theil erst dann austreten könnte, wenn der erste sich um 23 Mm. von der Scheibenfläche entfernt hätte. Wie gross müsste nun die Aufenthaltszeit der Blutscheiben in den Capillaren angenommen werden, damit diese Wegstrecke bei den geringen Spannungsunterschieden des Sauerstoffs wirklich durchlaufen würde?

---

*) Henle und Pfeufer's Zeitschrift Bd. XX. pag. 14.

**) Wiener Sitzungsberichte J. 1862. pag. 200.

Jedem, welcher sich mit Absorptionsversuchen beschäftigt hat, ist es nur zu bekannt, wie langsam die Gasverbreitung durch eine Flüssigkeit stattfindet, und wie sollte es möglich sein, dass diese Geschwindigkeit in den Blutscheiben erreicht würde, die doch jedenfalls wegen ihres Aggregatzustandes noch grössere Widerstände bieten.

Nach diesen Betrachtungen ist es wahrscheinlich, dass die Quantität des freien Sauerstoffs, welcher in die Gewebe übertritt, nur einen Theil der O-Menge, welche zur Oxydation der Umsetzungsproducte verwendet wird, beträgt, dass also O auch auf andere Weise aufgenommen wird. Hier sind, wie mir scheint, nur zwei Möglichkeiten denkbar:

1) reducirende Gewebesubstanzen, welche dicht an die Capillarenwände liegen, entziehen direct den Blutkörperchen O durch ihre chemische Affinität. Diess ist mit Sicherheit anzunehmen, ist aber bis jetzt nicht nachgewiesen worden;
2) leicht oxydable Stoffe in flüssigem Zustande dringen aus den Gewebesäften in das Blut hinein und bemächtigen sich dort des O's. Die Statthaftigkeit einer solchen Annahme ist durch die Versuche von *Al. Schmidt*, *) wonach das Blut leicht oxydable Stoffe enthält, wenn seinen Scheiben die Möglichkeit genommen wurde Sauerstoff aufzunehmen, und die Versuche von *Pflüger* **) gegeben.

Ich habe diese Untersuchung, welche meine Kräfte mehr als ein Jahr ununterbrochen in Anspruch genommen hat, auf Veranlassung des Hrn. Prof. *Ludwig* angestellt. Mit der grössten Anerkennung theile ich mit, dass Herr Prof. *Ludwig* mich bei mehreren Gelegenheiten sowohl mit Rath als mit That unterstützt hat, und dass die Herren *Hüfner*, *Miescher* und *Schmiedeberg* mir bei der Darstellung des Hämoglobins wirksam geholfen haben.

*) Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig für J. 1867. Leipzig J. 1868. p. 108 ff.

**) Centralblatt für die medicin. Wissenschaften J. 1867. No. 46. — Pflüger's Archiv für Physiologie. I. 279.

Dr. **F. Miescher**, *Zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmark.* Aus dem physiologischen Institute. Vorgelegt v. d. wirkl. Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit 1 Holzschnitt und 4 Tafeln.

Die von *Dittmar* beschriebenen Versuche über die Reizbarkeit der centrifugalen Fasern des Rückenmarks haben gezeigt, mit wie glücklichem Erfolg die vom verlängerten Mark aus vermittelte reflectorische Steigerung des Blutdrucks sich als Reagens auf Sensibilität verwenden lässt. Nicht minder streitig als die Reizbarkeit des Marks ist bis auf den heutigen Tag der Verlauf der sensiblen Leitungsbahnen in diesem Organe geblieben. Nicht nur in einzelnen Detailpuncten, sondern in den gröbsten Hauptzügen stehen sich ungeschlichtete Widersprüche der Beobachter gegenüber. Das neugewonnene Hilfsmittel auch hier nutzbar zu machen, war die Aufgabe einer unter Hrn. Prof. *C. Ludwig's* Anregung, Leitung und Mitwirkung ausgeführten Versuchsreihe.

Der Plan der Untersuchung war, zu constatiren, welchen Einfluss Durchschneidung oder isolirte Erhaltung einzelner Markabschnitte auf die Blutdruckreaction bestimmter unterhalb der Operationsstelle entspringender Nerven ausübe. Diese Versuchsweise liefert in jeder Hinsicht schlagende Resultate natürlich nur da, wo der in das Rückenmark gesetzte Eingriff keine sehr erhebliche Menge von centrifugalen Gefässnerven trifft. Da bekanntlich die überwiegende Mehrzahl der vasomotorischen Fasern beim Kaninchen oberhalb des elften Brustwirbels das Mark verlässt, so haben wir uns auf den Lendentheil und den untersten Brusttheil beschränkt. In höher gelegenen Partien werden positive Resultate immer beweisend, negative nur mit



Vorsicht aufzunehmen sein. Die Nerven, welche zu Gebote standen, waren die nn. ischiadici und lumbales. Erstere geben bei unverletztem Mark und nicht zu sehr geschwächter Herzthätigkeit constant deutliche Reaction, letztere versagen nicht selten, namentlich bei längerer Versuchsdauer und erheblichen Blutverlusten.

Die Anordnung der Apparate war im Ganzen genommen dieselbe, wie bei den *Dittmar*'schen Versuchen, mit einigen allmälig im Verlauf der Versuchsreihe hinzutretenden Modifikationen. Die Thiere, Kaninchen, waren curarisirt und abschüssig gelagert; die Respiration geschah in äusserst regelmässiger Weise durch Maschinenkraft. Der Schwimmer eines mit der Carotis verbundenen Quecksilbermanometers registrirte den Blutdruck auf einen langsam abgewickelten endlosen Papierstreifen, auf welchem gleichzeitig ein federtragendes Pendel die Sekunden angab. Um Gerinnung zu verhüten und etwaige Coagula zu entfernen, war die in der *Sadler*'schen *) Abhandlung beschriebene Vorrichtung auch hier angebracht, mittelst deren von Zeit zu Zeit der ganze Röhrenabschnitt zwischen Cantüle und Manometer mit Sodalösung ausgespült wurde. Die Nervenreizung geschah mittelst des *Dubois*'schen Schlittenapparates und mit Electroden von geringem Abstand, auf welche der centrale Nervenstumpf gelegt wurde, durch Luft isolirt. Der Zeitpunct der Einschaltung des Nerven in den sekundären Strom und der Ausschaltung aus demselben wurde mittelst einer von Dr. *Bowditch* angegebenen Vorrichtung gleichfalls auf das Papier verzeichnet: es war ein Winkelhebel mit einer daran befestigten Feder, welcher mit der Einrichtung zum Schluss des Stromes in Verbindung stand. Mit der Stromstärke wurde variirt von 240 mm. Rollenabstand bis zu übereinander geschobenen Spiralen (100 mm.), bei Anwendung eines *Grove*'schen Elements. Mechanische Reizung wurde gleichfalls häufig angewandt, und erwies sich meist als besonders wirksam; schon das Ansetzen der Electroden bei noch nicht geschlossenem Strom wirkte in vielen Fällen. Berührung oder gar Zerrung der Haut musste während des Versuchs sorgfältig vermieden werden, wenn nicht störende unbeabsichtigte Reactionen eintreten sollten. Es gelang auf diese Weise, den Blut-

*) *Sadler*, über den Blutstrom in den Muskeln. Sitzungsberichte der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. math.-phys. Classe 1869. p. 192.

druck minutenlang auf derselben Höhe zu halten. Kleinere vorübergehende Hebungen und Senkungen kamen in einem Theil der Versuche vor, das Resultat einzelner Reizungen ist dadurch zweifelhaft geworden. Es versteht sich daher von selbst, dass nur solche Drucksteigerungen in Betracht gezogen wurden, welche die spontanen Schwankungen unzweifelhaft überragten; geringere Hebungen nur dann, wenn der Druck wirklich sehr constant war. Weniger störend als diese vorübergehenden Unregelmässigkeiten ist das allmälige Sinken des Blutdrucks, das im Lauf der meisten Versuche eintrat, und denselben während der etwa halbstündigen Beobachtungszeit oft bis auf die Hälfte erniedrigte.

Hinsichtlich der durch die Nervenreizungen erzeugten Aenderungen der Pulsfrequenz kann ich nur die Angabe von *Dittmar* wiederholen; diese Aenderungen sind zu verwickelt, um sich unter eine einfache Regel bringen zu lassen. Weder die Stärke, noch die Dauer der Reizung, weder die absolute Höhe des Drucks, noch die Raschheit des Steigens oder Fallens steht in einem leicht erkennbaren constanten Verhältniss zur Zahl der Pulsschläge. Verlangsamung kam in meinen Versuchen viel häufiger vor als Beschleunigung; bei geringeren und mässigen Drucksteigerungen fehlte oft jede Wirkung auf die Pulsfrequenz. Sehr bedeutende Verzögerungen, zuweilen unterbrochen durch kurze Perioden der Beschleunigung, zeigten sich namentlich beim Operiren am Marke selbst. Eine deutliche Pulsänderung als Folge sensibler Reizung ohne gleichzeitige Drucksteigerung habe ich niemals constatiren können. Als Kriterium sensibler Erregung sind jedenfalls an Constanz und Empfindlichkeit die Aenderungen des Herzschlages mit der Hebung des Blutdrucks nicht zu vergleichen. Wir haben uns daher zur Entscheidung der gestellten Fragen ausschliesslich auf letztere berufen.

Soweit lassen die Bedingungen unserer Versuche nicht viel mehr zu wünschen übrig, die Schwierigkeiten beginnen erst bei der operativen Technik. Als eine Hauptquelle von Misserfolgen bei Rückenmarkseingriffen ist der Blutverlust bekannt, der schon öfter bei Bloslegung des Markes eintritt. Das Lendenmark ist hiefür noch besonders ungünstig. Das venöse Blut sammelt sich, wie wir uns durch Injectionen überzeugten, in sinusartigen anastomosirenden Canälen, die zwischen Knochen und fibröser Auskleidung des Wirbelraums verlaufen, an der Basis der Wirbel-

bogen. An der Grenze zwischen je zwei Wirbeln gehen dieselben in weite, sehr dünnwandige Blutsäcke über, die sich von der Seite her über das Mark lagern an der Stelle, wo die Nervenwurzeln entspringen. Es ist unmöglich, die knöcherne Hülle an diesen Stellen zu entfernen, ohne diese venösen Räume zu eröffnen. Auch die Substanz des Knochens selbst, namentlich die der hinteren Lendenwirbel, blutet zuweilen stark. Es gelingt zwar in der Regel, mittelst eingestopfter Schwämmchen oder Penghawar selbst heftiger Blutungen schliesslich Herr zu werden, aber oft erst, nachdem Blutdruck und Herzaction in einer Weise gesunken sind, die den Erfolg des Versuches sehr problematisch macht. Mit einiger Sicherheit liessen sich erhebliche Blutverluste bei folgendem Operationsverfahren vermeiden: Im Bereich eines der oberen Lendenwirbel wurde die interspinale Muskulatur nebst dem Periost mit einem halbscharfen Schabinstrumente abgelöst und die mm. lumbodorsales mit Haken etwas von der Wirbelsäule abgezogen. Dann wurde zwischen zwei Dornfortsätzen ein Stück Wirbelbogen mit einer schneidenden Zange entfernt, bis in einer Ausdehnung von 5—8 mm. das Mark in seiner ganzen Breite vorlag; die intervertebralen Blutsäcke waren so vermieden. Will man in der Nähe der Nervenursprünge operiren, so muss man es eben auf die Blutung und deren Bekämpfung ankommen lassen.

An dem so blosgelegten Marke wurden verschiedene Eingriffe versucht, halbseitige Durchschneidungen, Trennungen eines oder beider Hinterstränge etc. Wir kamen aber dabei bald zu der Ueberzeugung, dass die üblichen Verfahren, am Rückenmark zu operiren, weit entfernt sind von der Schärfe und Sicherheit, die bei solchen Versuchen zu wünschen sind. Die Forderung, mit dem Messer eine ganz bestimmte, anatomisch abgesteckte Fasergruppe genau nach den Absichten des Experimentators zu zerstören oder zu erhalten, mag wohl immer frommer Wunsch bleiben. Uebung wird Manches erleichtern; aber wenn man, wie hier, Verletzungen anbringen soll, deren Form und Grösse nicht durch das Auge allein geleitet werden kann, so wird der Zufall immer dabei eine grosse Rolle spielen. Wie kann man z. B. so ohne Weiteres von einer isolirten Durchschneidung der Hinterstränge reden, die auf dem Querschnitt eine tiefe und schmal zulaufende Bucht zwischen den grauen Hinterhörnern bilden? Um so mehr ist zu verlangen, dass die

Ausdehnung einer mit ungenügender Sicherheit gemachten Zerstörung wenigstens nachträglich einer völlig sicheren Controle unterworfen werden könne, um aus der Reihe der Versuche die wirklich schlagenden auszuwählen. An welchen Kennzeichen soll aber bestimmt werden, welches die Ausdehnung nicht nur des Schnittes, sondern auch der angrenzenden Quetschung und Circulationsstörung sei? Namentlich Querschnitte lassen sich bei der zähen Weichheit des Gewebes schwer ohne eine gewisse Zerrung der umgebenden Partien ausführen. Wir glaubten z. B. in einem Falle das Ausbleiben der Reaction einer Durchschneidung der Hinterstränge zuschreiben zu können, bis wir ausgedehnte Blutextravasate in der nicht durchtrennten grauen Substanz bemerkten; die wirkliche Ausdehnung der Verletzung war also hier durchaus unbestimmt.

Diese Schwierigkeiten sind wohl nicht von allen Autoren hinreichend gewürdigt worden. Wir sind indess weit entfernt, denselben ein Verfahren gegenüberzustellen, das die ganze Reihe der einschlagenden Fragen in vorwurfsfreier Weise zu beantworten gestattete. Wir haben uns damit begnügen müssen, wenigstens über einen Hauptpunct der Leitungsfrage mit den neuen Hilfsmitteln unter möglichster Vermeidung der angedeuteten Fehlerquellen einiges Material beizubringen.

Die Frage nach der Bedeutung der weissen und grauen Substanz als Leitungsbahnen ist noch immer nicht endgiltig entschieden. Darin zwar scheint man sich jetzt so ziemlich geeinigt zu haben, dass von einem directen Aufsteigen der hinteren Wurzelfasern in den weissen Strängen bis zum Hirn wenigstens für die weitaus grösste Menge derselben nicht die Rede sein kann; aber über das Schicksal der Bahnen von ihrem Eintritt in die Hinterhörner an bis zum Gehirn divergiren die Angaben sehr. Während nach den Einen die graue Substanz, etwa noch mit Betheiligung der Hinterstränge, die ganze oder beinahe die ganze sensible Leitung übernimmt (*Brown-Séquard*, *Schiff*, *Sanders-Ezn*, *) legen Andere (*Türck*, *Chauveau*, *Hohn*) das Hauptgewicht auf die weisse Masse der Seitenstränge.

---

*) *Schiff.* Muskel- und Nervenphysiologie pag. 251 u. ff.
Brown-Séquard. Recherches sur la voie de transmission des impressions sensitives dans la moëlle épinière lu à la société biologique 21 juill. 1855 — u. a. a. O.
Später hat dann *Brown-Séquard* auch eine geringe Betheiligung der Vorderstränge an der sensiblen Leitung zugegeben.





Die erste Frage wird also sein: Ist irgend eine isolirte Portion weisser Markfasern ohne Beimengung von grauer Substanz im Stande, die sensiblen Erregungen von Nerven zu leiten, welche zu weit entfernt davon entspringen, um noch als Wurzeln in derselben enthalten zu sein? Dieser Forderung haben wir einigermassen genügen können. Das entgegengesetzte Postulat, die Isolirung grauer Substanz, blieb für uns unerreichbar.

Betrachtet man einen erhärteten Querschnitt durch das obere Lendenmark des Kaninchens, so zeigt die räumliche Vertheilung der beiden Substanzen folgendes Verhalten. Im Vergleich zu Vorder- und Hintersträngen zeigen sich die lateralen Markmassen sehr stark entwickelt und bilden reichlich $^3/_5$ der Querschnittsfläche der weissen Substanz. Die Ausdehnung der grauen Hörner beschränkt sich auf etwa $^2/_5$ der Breite des Querschnitts. Denkt man sich (Taf. I. Fig. Ia u. b) auf der Zeichnung eines solchen Schnittes eine Gerade von einer hinteren Seitenfläche aus parallel mit der Medianebene und senkrecht auf die Längsaxe des Marks geführt, so hat man auf der einen Seite derselben blos weisse Fasern des einen Seitenstranges, auf der anderen Seite den Rest mit der gesammten grisea.

Wir haben daher folgendes Versuchsverfahren eingeschlagen. Ein kleines, ca. 8 mm. langes und 2—3 mm. breites Messerchen wurde mit sagittal gerichteter Schneide in die hintere Seitenfläche des Marks oder etwas nach aussen von derselben eingesteckt, so dass es unverrückbar im Knochen festsass. Dann wurde die sensible Reaction der Nerven, deren Bahnen gesucht wurden, geprüft. In der Regel wurde dieselbe wenig oder gar nicht beeinträchtigt gefunden. Hierauf wurde die ganze Markpartie, welche auf der innern Seite des Messers lag, durch-

---

H. Sanders-Ezn. Geleidingsbahnen in het ruggemerg voor de gevoelsindrukken. Groningen 1866.

Türck. Ergebnisse physiologischer Untersuchungen über die einzelnen Stränge des Rückenmarkes. Sitzungsber. der Wiener Ak. VI. pag. 427.

A. Chauveau. De la moëlle épinière considérée comme voie de transmission des impressions sensitives. Comptes rendus I. nro. 19. 1857.

E. Hohn. Einige Versuche über den Faserverlauf im Rückenmark. Würzburg 1858.

schnitten, d. h. die ganze eine Hälfte, und von der andern Hälfte die graue Substanz, der Hinterstrang und der Vorderstrang. Unter dem Schutz des Messerchens konnte die Zerstörung so rücksichtslos vorgenommen werden, dass an ihrer Vollständigkeit nicht zu zweifeln war. War das Messerchen richtig eingesteckt, so konnte blos der eine Seitenstrang erhalten bleiben. Was also von sensibler Reaction in den hinteren Nervenwurzeln noch übrig blieb, musste seinen Weg zur medulla oblongata, dem Centrum des Reflexes, durch diese Bahn genommen haben. Weil erst nach gesetzter Nebenverletzung, nach eingestecktem Messer, die Reaction geprüft wurde, konnte der Erfolg mit Sicherheit auf die Durchschneidung selbst bezogen werden. Um über das Gelingen des Versuchs genaue Controle zu üben, wurde das betreffende Markstück mit sammt den Wirbeln und dem darin steckenden Messer in Erhärtungsflüssigkeit gelegt; Alkohol ist hier vorzuziehen. Am erhärteten Präparat wurde der auf der einen Seite des Messers erhaltene Marktheil mikroskopisch untersucht. War auch die Erhärtung nicht immer musterhaft gelungen, so genügte sie doch, um über die An- oder Abwesenheit grauer Substanzreste in dem geprüften Seitenstrang und über die allfällige Grösse dieses Restes Aufschluss zu geben. Es stellte sich nun allerdings heraus, dass von 11 Versuchen, die in dieser Weise angestellt waren, blos zwei ganz rein sind (D und K); in allen andern waren nebst dem Seitenstrang noch mehr oder minder kleine Partikel grauer Substanz erhalten, fast immer einem Vorderhorn zugehörig. Diese grauen Reste, zuweilen blos Spuren, wurden gemessen und mit der Querschnittsfläche der gesammten grisea verglichen. (Das Nähere ist bei der Aufzählung der einzelnen Versuche angeführt.) Die Hinterstränge waren fast immer völlig zerstört.



Alle diese Versuche hatten nun das übereinstimmende Ergebniss, dass nach erfolgter Durchschneidung die Reizung beider nn. ischiadici nach wie vor Blutdrucksteigerung erzeugte.

Dabei handelte es sich durchaus nicht um Spuren, sondern um einen Effect, der, namentlich von dem Nerven auf der Seite der Durchschneidung aus, oft kaum schwächer war als vorher.

Es ist eben erwähnt worden, dass die geprüften weissen Faserportionen sich in vielen Fällen nicht als ganz frei von grauen Fragmenten erwiesen. Nach der Angabe von *Schiff*, *) welchem *Sanders* beistimmt, soll die geringste Spur Vorderhorn, die an den für sich nicht leitenden Vorder- oder Seitensträngen hängen bleibe, noch sensible Leitung vermitteln; auch wir hätten demnach die erhaltene Reaction auf solche Restchen zurückzuführen. Sehen wir ab von Versuch D und K, die schon für sich schlagend sind, und nehmen wir an, *Schiff's* Ansicht wäre richtig, so müsste die Reaction mit Hilfe des isolirten Seitenstrangs um so stärker ausfallen, je grösser das noch anhängende graue Partikel ist. Diess ist keineswegs der Fall. Gerade solche Versuche, wo ziemlich beträchtliche Theile des einen Vorderhorns erhalten waren (F und H), zeigen geringere Reaction, als D, I, G, L, wo nur eine Spur oder gar nichts Graues mehr übrig war. Wie die letztgenannten verhält sich auch B, wo ein merklicher Rest Vorderhorn sich noch fand; die Anwesenheit dieser grauen Fragmente war offenbar gleichgiltig.

Als eine Eigenthümlichkeit einer durch kleine Reste grauer Substanz vermittelten Leitung hat *Schiff* **) ein ungewöhnlich lang dauerndes Stadium der latenten Reizung bezeichnet. Aber die durch den Apparat beschriebenen Papierstreifen, die alle nöthigen Daten enthalten, zeigen in dieser Beziehung keinerlei prägnanten Unterschied zwischen der Reaction vor und nach Durchschneidung des Marks.

Noch deutlicher sprechen indess vier Versuche ((N, O, P, Q), in denen ein dem vorigen entgegengesetztes Verfahren befolgt wurde. In beide Seitenfurchen des Marks wurden auf gleicher Höhe Messerchen eingesteckt, welche an ihrer äusseren Seite die Seitenstränge, zwischen sich die graue Substanz mit den hinteren und vorderen Strängen fassten. Es wurde nun unter dem Schutz der Messer ein Seitenstrang nach dem andern durchschnitten. Nach Durchtrennung auf einer Seite war die Reaction

*) *Schiff*. Nervenphysiologie pag. 242.

**) l. c. pag. 243.

beider nn. ischiadici noch kräftig, nach beidseitigem Schnitt aber auf 0 oder auf ein Minimum reducirt. (Besonders eclatant ist Versuch N.) Es lag durchaus kein Grund vor, anzunehmen, dass das Markstück zwischen den Messern eine Beeinträchtigung erlitten habe, denn die Erregungen der Lumbarnerven pflanzten sich, wie unten erörtert werden soll, noch durch dasselbe fort. Meist wurden auch die nn. ischiadici erst geprüft, nachdem das hiefür gefahrdrohende Einstecken der Messer geschehen war, die Nebenverletzung konnte sich also nicht in störender Weise zur beabsichtigten Hauptverletzung addiren. Eine Ausnahme von diesem Ergebniss macht blos Versuch O; aber die anatomische Controle zeigte, dass die Messerchen unrichtig geführt wurden, dass auf der einen Seite ein merklicher, auf der andern Seite ein sehr grosser Theil des Seitenstrangs erhalten war. Die graue Substanz war in den Versuchen N, P, Q wohl etwas verletzt worden, etwa die äusserste Spitze eines Vorderhorns (Q) oder auch mehr (P); aber ihre grösste Hauptmasse war erhalten und auf einer von beiden Seiten war sie wenigstens immer so ziemlich intact.

Aus der Uebereinstimmung dieser beiden Versuchsreihen geht wohl mit Gewissheit hervor, dass die der reflectorischen Blutdrucksteigerung fähigen centripetalen Bahnen der nn. ischiadici in der Markstrecke zwischen 3. Lendenwurzel und letzter Brustwurzel ganz oder in weit überwiegender Menge in den seitlichen weissen Markmassen der medulla verlaufen.

Wir haben den Ausdruck »sensible Leitung« hier vermieden. Der Einwand mag immerhin noch berechtigt sein, dass die genannte Faserclasse vielleicht mit dem Begriffe der sensiblen Faser nicht genau zusammenfalle, dass die graue Substanz empfindungsleitende Bahnen aus den nn. ischiadici enthalten könne, die nicht oder in anderer Weise auf die vasomotorischen Centra wirken; wir können nur sagen, dass er sich auf nichts unbestritten Thatsächliches stützt. *Schiff* z. B., der die Schmerzleitung durch die graue Substanz befürwortet, würde wenigstens zu beweisen haben, dass Schmerzempfindungen vorkommen, denen keine reflectorische Wirkung auf das Gefässsystem zur Seite steht.

Auch über die Frage der Kreuzung centripetaler Bahnen geben unsere Versuche einigen Aufschluss. Wie schon ange-

führt, war nach Isolirung des einen Seitenstrangs ganz constant Reaction von beiden nn. ischiadici zu erhalten. Der Erfolg von dem Nerven auf der Seite der Durchschneidung war constant stärker, im Vergleich zur Reaction bei unverletztem Mark weniger vermindert, als auf der Seite des erhaltenen weissen Stranges. Zwar dürfen Schlüsse aus der quantitativen Vergleichung der Resultate nur mit Vorsicht gezogen werden. Die notirte Differenz des Anfangsdruckes und des in Folge der Reizung erreichten Druckmaximums mag ein sehr einfaches und daher praktisches Schätzungs-Mass, aber gewiss nicht die ohne Weiteres genau giltige Skala der reflectorischen Leistung sein. Bei gleicher Reizstärke und Dauer wird dieselbe Druckhebung verschiedene Bedeutung haben, jenachdem sie ein sehr flüchtiges Steigen oder ein längeres Verweilen auf der Höhe darstellt. In Betracht zu ziehen sind ferner die Ermüdung der Nervenbahnen und des reflectorischen Organs, sowie die Aenderungen, die im Verlaufe des Versuches der Blutdruck, die Herzaction und somit auch die Reflexerregbarkeit erleiden kann. Zwei aufeinander folgende gleichstarke Reizungen desselben Nerven sind zwar häufig von recht übereinstimmendem (in Versuch G n. ischiad. und lumb. IV. links, in Versuch M n. ischiad. rechts), nicht selten aber auch von verschiedenem Erfolg. (A.) Wenn aber trotz aller Möglichkeiten der Abweichung durch alle Versuche ohne Ausnahme sich herausstellt, dass immer beide nn. ischiadici reagiren und dass constant auf der Seite des conservirten Seitenstrangs der Erfolg stärker beeinträchtigt ist, als auf der Seite der Durchschneidung, so wird daraus wohl der bestimmte Schluss erlaubt sein:

In der Rückenmarkstrecke zwischen letztem Brust- und 3. Lendenwirbel verlaufen die centripetalen Bahnen des linken n. ischiadicus der Mehrzahl nach im rechten, der Minderzahl nach im linken Seitenstrang und umgekehrt.

Es lässt sich nun noch fragen, ob innerhalb der beobachteten Markabtheilung der Grad der Kreuzung ein verschiedener sei, so dass man etwa einen allmäligen Uebergang der Bahnen von der einen Seite auf die andre anzunehmen hätte. Diejenigen Versuche, welche sich für diese Vergleichung eignen, bei welchen die nn. ischiadici beiderseits vor und nach der Duschschneidung mit denselben Reizstärken geprüft wurden, scheinen allerdings

etwas derartiges zu bezeugen. In Versuch B, in welchem am letzten Brustwirbel operirt wurde, hat nach Trennung einer Hälfte die Reaction des einen Nerven in sehr viel stärkerem Verhältnisse abgenommen, als die des andern, während z. B. in I und K, wo die Operationsstellen in der Nähe der 2. und 3. Lendenwurzel lagen, dieser Unterschied, obschon niemals fehlend, sich weniger scharf ausspricht. Ueber diesen Punct sind weitere Versuche nöthig.

Aus den bis dahin angeführten Thatsachen haben sich Aufschlüsse ergeben über das Verhalten sensibler Bahnen in einer Entfernung von mindestens 3—4 Wirbelhöhen vom Eintritt der entsprechenden Wurzeln in das Mark. Ueber die sensible Leitung in grösserer Nähe des Nervenursprungs hofften wir aus denselben Versuchen durch Reizung der obern Lumbarnerven Einiges zu erfahren.

Da die blosgelegten Lendennerven leicht den Grad der Erregbarkeit verlieren, der zu einer deutlichen Blutdruckreaction nöthig ist, so sind negative Ergebnisse nur sehr behutsam zu verwerthen. Ueberblicken wir jedoch, was von positiven Resultaten notirt ist, so sehen wir aus Versuch F, G, H [lumb. II], dass schon in Höhen von 3, 6, 15 mm. über dem Eintritt der Wurzeln Bahnen auf die andere Seite übergetreten sind, während diesem in Versuch H auch gleichseitige Leitung gegenüber steht. Gehen wir von der zunächst hinter der Schnittstelle entspringenden Wurzel zur zweiten und dritten nach hinten über, so begegnet uns dasselbe Verhalten; deutliche Reaction von den nn. lumbales bald hier bald dort, sowohl auf der Schnittseite als auf der Seite des erhaltenen Marktheils. Wir haben also unzweifelhaft schon hier eine theilweise Kreuzung oder Vermischung der Bahnen beider Seiten; über den Grad und das nähere Verhalten dieser Kreuzung der nn. lumbales erlauben wir uns noch kein Urtheil.

Fragen wir nun genauer, durch welche Abtheilungen des Marks an den geprüften Stellen die Bahnen der Lendennerven verlaufen, so müssen wir sagen, dass wir auf Grund unsrer Versuche keinen Marktheil von der Betheiligung an dieser Leitung ganz ausschliessen können. Zwar in K, wo die Isolation weisser Seitenstrangmasse gelungen war, sind ohne Erfolg die nn. lumb. II, III, IV beiderseits gereizt worden; aber in einem andern gleichfalls gelungenen Versuche D haben wir wenigstens



gleichseitige Leitung vom zweitnächsten Lumbarnerven erhalten. In C, E, F, G, in welchen sämmtlich noch einer oder mehrere der nächsten nn. lumbales hinter der Schnittstelle deutlich reagirten, liess sich allenfalls die Leitung neben dem Seitenstrang noch auf ein Bestehen grauer Substanz beziehen; Vorder- und Hinterstränge waren, wenigstens bei C, G und F, sicher völlig durchtrennt. Von Interesse ist aber ein Ergebniss von N und Q aus unsrer zweiten Reihe, in welcher durch Trennung beider Seitenstränge die Leitung von den nn. ischiadici her ganz oder nahezu aufgehoben war. Als diess erreicht war, gaben nichts desto weniger in N der II und III, in Q der nächste Lumbarnerv hinter der Schnittebene noch sehr deutliche Reaction. Entschieden besteht also hier ein Gegensatz: die von weiter unten herkommenden Bahnen laufen in den äussersten Markpartien, die höher eintretenden ganz oder theilweise mehr in der Nähe der Medianebene. Spätere Beobachtungen werden zu entscheiden haben, bis zu welcher Entfernung man die Fortsetzung einer gegebenen hinteren Nervenwurzel in der grauen Substanz zu suchen hat, in welche sie ohne Zweifel eintritt — wie und wo sich dann der Uebertritt in die zunächst angrenzenden Schichten weisser Fasern, derselben oder der entgegengesetzten Seite, vollzieht. Hier hätten wir nun zunächst an die innersten Fasern der Seitenstränge zu denken (Versuch D), während die Betheiligung der Hinter- und Vorderstränge einstweilen noch fraglich bleiben mag.

Die in Vorstehendem mitgetheilten Beobachtungen haben also wenigstens das Ergebniss, dass den weissen Fasern ihre Rolle als wesentliches centripetales Leitungsorgan, als Verbindungsglied zwischen der grauen Substanz des Rückenmarks und dem Gehirn wieder vindizirt wird. Nicht umsonst beträgt, wie wir uns durch Messungen überzeugten, die weisse Substanz, z. B. am letzten Brust- und ersten Lendenwirbel $^5/_6$—$^9/_{10}$ des ganzen Querschnitts. Und davon machte der nach unsrer Operationsweise isolirte Seitenstrang gegen $^3/_5$ aus.

Einer Erscheinung ist noch nicht erwähnt worden, welche als Folge von operativen Eingriffen in das Mark, namentlich von halbseitigen Durchschneidungen, von vielen Beobachtern geschildert wird, der Hyperästhesie des Hinterkörpers auf der Seite der Durchschneidung. Es war zu erwarten, dass sich

auch diese deutlich ausprägen würde in der Reaction eines n. ischiadicus; der nur noch durch den Seitenstrang der entgegengesetzten Seite mit dem Hirn zusammenhing. Diese Erwartung hat sich nicht erfüllt. Eine Andeutung von vermehrter Reaction findet sich höchstens in Versuch C (rechter n. ischiad. R. A. 18) und in F (lumb. II). In allen andern Fällen blieb bei gleicher Stärke und Dauer des Reizes die Reaction auf der Seite der Durchschneidung sich gleich, oder verminderte sich sogar. Eine unzweifelhafte bedeutende Steigerung der reflectorischen Leistung liess sich niemals constatiren. Man konnte noch vermuthen, dass zwar die Leistungsfähigkeit des Reflexmechanismus nicht erhöht, aber die Erregbarkeit für ganz schwache Reize sich vergrössert hätte. Auch dafür geben die Versuchstabellen keine Belege. — Es mag vorläufig dahingestellt bleiben, ob diess wirklich eine Eigenthümlichkeit unsrer Versuchsanordnung war, oder ob es die Folge einer zu kurzen Beobachtungsdauer (5—20 Minuten nach Durchschneidung des Marks), die der Entwickelung der Hyperästhesie nicht Zeit liess.

Die Controle der Markdurchschneidungen.

Hierzu Tafel I.

Die Bestimmung der gemachten Verletzung geschah theils durch Untersuchung des intact gebliebenen Marktheils auf der einen Seite des eingesteckten Messers, theils durch Prüfung der durchtrennten Partie auf der andern Seite des Messers. Die Erhärtung geschah bei den ersten Versuchen in Chromsäure oder chromsaurem Kali; da diess die Präparate zu sehr mit Eisenrost aus den noch darin sitzenden Messern verunreinigte, wurde später Alkohol gewählt. Die Schnitte wurden mit Carmin gefärbt und mit Kreosot aufgehellt. Das Stück graue Substanz auf der einen oder auf der andern Seite wurde mit dem Prisma gezeichnet.

Als Vergleichsobject dient in den hier vorliegenden Figuren ein nach derselben Erhärtungsweise erhaltener Querschnitt vom Lendenmark eines mittelgrossen Kaninchens an der Grenze zwischen 1. und 2. Lendenwirbel. Auf diesen sind hier die

entsprechend reducirten Zeichnungen der in Frage kommenden grauen Partikel aufgetragen an der Stelle, wo sie nach ihrer Beschaffenheit muthmasslich hingehören. Die deutlichen Markstrahlen und die grossen Zellen lassen sie fast immer als Theile der Vorderhörner erkennen.

Die Zeichnungen können selbstverständlich nur beanspruchen, ein einigermassen annäherndes Bild von der Art und Grösse der Verletzung zu geben.

Versuchsprotokoll.

	R.-A. *	D.R. ** in Sec.	Pulse *** v.	Pulse *** w.	Druck-Steigerung von	Druck-Steigerung auf	Druck-Steigerung um mm.	Druck-Steigerung in Sec.
Versuch A.								
Kaninchen curarisirt. Messerchen in die rechte Seitenfurche des Rückenmarks gesteckt auf der Höhe des Ursprungs der letzten Rippe.								
1. N. ischiad. links electr. gereizt	20	12	3,7	3,7	144,4	161,5	17,1	9
Nach Durchschneidung der auf der linken Seite des Messers gelegenen Markpartie:								
2. N. ischiad. links electr. gereizt	18	9	3,5	3,5	123,5	152,0	28,5	9
3. Dasselbe wiederholt	18	12	3,5	3,9	102,6	117,8	15,2	10
Keine störenden Druckschwankungen. Die graue Substanz ist völlig durchschnitten, mit Ausnahme eines Stückchens vom rechten Vorderhorn, das ungefähr $^1/_{15}$ der gesammten grisea beträgt.								
Versuch B.								
Kan. cur. Messerchen in die rechte Seitenfurche des Marks gesteckt, 4 mm. unter dem Ansatz der letzten Rippe.								
1. N. ischiad. links electr. gereizt	18	15			78,8	93	14,2	14
2. » » » » »	16	8			59	78	19	10
3. » » rechts » »	18	6			81,7	131	49,3	5
Nach Durchschneidung des Marks links vom Messer:								
4. N. ischiad. links electr. gereizt	16	19			79,8	95	15,2	20
5. » » rechts » »	18	14			76	85,5	9,5	
6. » » » » »	16	12			79,8	95	5,2	
7. » » links » »	16	12			74	84,7	7,7	11
8. » » rechts » »	16	17					0.0	
9. » » » » »	14	18			78	83,6	5,6	5
10. » » links » »	14	24			72,2	83,6	11,4	19
11. » » rechts » »	14	23			-		0.0	
Die genauere mikroskopische								

* **R.-A.** bedeutet **Rollen-Abstand.**
** **D. R.** » **Dauer der Reizung.**
*** **Pulse v. w.** bedeutet **Pulse vor, während der Reizung in der Zeiteinheit.**

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
Controle scheitert wegen misslungener Erhärtung. Zum Mindesten hat eine mehr als vollständige Hälftendurchschneidung stattgefunden; als solche mag der Versuch immerhin mitzählen.								
Versuch C.								
Kaninchen cur. Messerchen in die linke Seitenfurche des Marks gesteckt, 4 mm. über der I. Lumbarwurzel.								
1. Linker N. ischiad. electr. gereizt	20—16	—	—	—	—	—	0.0	
2. » » » » »	12				110	114	4,0	11
3. Rechter » » » »	18		3,2	3,2	104,5	116	11,5	4
Nach Durchschneidung rechts vom Messer:								
4. Rechter N. isch. electr. gereizt	18	10	4,2	4,2	93	106,4	13,4	6
5. Linker » » » »	18—12	11					0.0	
6. » » » » »	12	18	4,0	4,0	99	104,5	5,5	15
7. Rechter » » » »	18	12	3,2	3,0	95	121,6	26,6	19
8. Linker » » » »	10	24	3,2	3,2	87,4	100,7	13,3	15
9. Rechter » » » »	10	36	3,1	3,1	91,2	121,6	30,4	27
10. Wiederholte electr. Reizungen des I., II. und III. Lumbarnerven rechts und des II. n. lumb. links	18—10	8 32					0.0	
11. Linker N. lumb. III. mechanisch gereizt			2,8	2,8	85,5	99	13,5	
12. Dasselbe wiederholt			2,6	2,6	85,5	118	22,5	
13. Rechter N. ischiad. mechanisch und electr. gereizt	14	11	2,5	2, 6	85,5	121,4	35,9	
14. Rechter N. isch. electr. gereizt	14	19	2,6	2,6	99	114	15	7
15. Linker » » » »	12—10	21	2,7	2,7	74	102,6	28,6	20
Von der grauen Substanz ist ungefähr $^{1}/_{9}$ noch erhalten, ein länglicher Streif vom äussern Rand des linken Vorderhorns. Der Blutdruck zeigt keine störenden Schwankungen.								
Versuch D.								
Kan. cur. Messer in der rechten Seitenfurche des R.-M. eingesteckt, 3 mm. über der I. Lumbarwurzel.								

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
1. Rechter N. isch. mechan. gereizt			2,9	1,2	108,3	156	47,7	
2. » » » electrisch »	20—18	20	1,8	1,0 3,3	112	148	36,0	18
3. Linker » » » »	18	5	1,7	3,6	110	144	34,0	5
Nach Durchschneidung des Marks links vom Messer:								
4. Rechter N. ischiad. electr. gereizt	18	30	3,2	3,1	114	128	14,0	
5. Linker » » » »	18	30	1,7	1,9	91	110	19,0	5
6. » » » » »	12	16	2,7	1,6	87	121,6	34,6	16
7. NN. lumbal. II, III, IV beiderseits electrisch gereizt	15	25—35					0.0	
8. N. lumb. II rechts mechan. ger.			1,7	1,4	85,5	104,5	19,0	
9. Linker N. ischiad. mechan. und electrisch gereizt	15		3,1	1,7	83,6	125,4	41,8	
Blutdruck regelmässig, eine kurze Periode mit geringen Schwankungen blieb unbenutzt. Die graue Substanz ist vollständig durchschnitten.								
Versuch E.								
Kan. cur. Messerchen in die rechte Seitenfurche des Marks gesteckt, 2 mm. über der letzten Thorakalwurzel.								
1. N. lumb. II links electr. gereizt	15	29	2,9	3,0	78	102,6	24,6	19
2. » » III » mech. u. el. ger.	18	11	3,1	2,7	80,4	106,4	26	
3. » » II rechts mechan. ger.			2,8	2,7	80	146	66,0	
4. » » II » electr. »	15	7	2,8	2,4	93	154	61	10
5. » » III » » »	15	7	3,2	2,7	104,5	154	49,5	11
Nach Durchschneidung des R.-M. links vom Messer:								
6. N. lumb. II links electr. und mechan. gereizt	15	22	2,8	3,4	76	89	13	17
7. N. lumbal. II links electr. und mechan. gereizt	15	34					0.0	
8. N. lumb. II u. III rechts electr. und mechan. gereizt	15	18					0.0	
9. N. isch. links mech. u. el. ger.	15	12	2,9	3,5	87,4	118	30,6	
10. Dasselbe noch 3mal wiederholt, bei rasch bis auf 38 mm. sinkendem Druck	14—10						0.0	
Blutdruck genügend constant. Von der grauen Substanz ist noch ein nicht unbedeutendes Stück des rechten Vorderhorns erhalten (ungefähr wie im folgenden Versuch).								

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	Druck-Steigerung auf	Druck-Steigerung um mm.	Druck-Steigerung in Sec.
Versuch F.								
Kan. cur. Messer in die rechte Seitenfurche des Marks gesteckt, 4 mm. unter der I. Lumbarwurzel.								
1. N. lumb. II links mechan. ger.			2,8	2,9	85,5	127	41,5	
2. » » II » electrisch »	16	19	2,7	2,1	99	110	11,0	3
3. » » III » mechan. »			3,0	2,2	84	102,6	18,6	
4. » » » » electr. »	16	15	2,8	2,6	89	98	9,0	7
5. » » IV » mechan. »			2,8	2,4	79	102,6	23,6	
6. » » » » electr. »	16	7	2,8	2,2	82,3	99	16,7	6
7. » » II rechts mechan. »			2,6	1,7	80	114	34,0	
8. » » II » electr. »	16	13	2,4	2,0	89,3	100,4	11,1	6
9. » » III » mechan. und electrisch gereizt	16	13	2,4	2,1	81,7	104,5	22,8	
Nach Durchschneidung des Markes links vom Messer:								
10. N. lumb. II links electr. gereizt	16	18	2,4	2,5	72	89,3	17,3	22
11. » » III » » »	15		2,5	2,5	76	85,5	9,5	8
12. » » IV » » »	15	21	2,5	2,6	76	81,7	5,7	7
13. NN. lumbal. II und III rechts electrisch gereizt	15—10	23					0.0	
14. N. lumb. III links electr. gereizt	10	18					0.0	
15. » » IV » » »	10	21	2,3	2,4	49,4	57	7,6	
16. N. ischiad. » » »	15	25	2,3	2,3	47,5	66,5	9,0	26
17. » » rechts » »	15	25	2,2	2,2	42	59	17,0	21
Druck genügend constant. Von der grauen Substanz ist ein grosser Theil des rechten Vorderhorns erhalten.								
Versuch G.								
Grosses Kan. cur. Messerchen in der linken Seitenfurche des Marks, 6 mm. über der II. Lumbarwurzel.								
1. N. lumb. II links electrisch und mechanisch gereizt	18	5	3,2	2,8	89,3	116	26,7	5
2. N. lumb. III links electrisch und mechanisch gereizt	18	14	3,6	2,4	85,5	119,7	34,2	
3. N. lumb. IV links mechan. ger.			3,8	2,2	95	135	40,0	
4. » » IV » electr. »	18	12	3,6	3,0	97	108,3	11,3	4
Nach Durchschneidung des Marks rechts vom Messer:								
5. N. lumb. II, III, IV links mechanisch und electrisch gereizt . .	17—16	15—20					0.0	
6 N. lumb. III rechts electr. ger.	16	14	3,6	3,7	53	85,5	32,5	8

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
7. N. lumb. IV rechts mech. ger.			1,7	1,8	57	81,7	24,7	
8. » » » » electr. »	16	11	1,7	1,8	71,3	100,7	29,4	
9. » » II » mechan. u. electrisch gereizt	16	17	2.9	3,3	61	71,3	10,4	
10. N. lumb. III rechts electr. ger.	16	13	2,9	3,3	61	80	19,0	13
11. » » IV » » »	16	9	3,2	3,2	57	85,5	28,5	8
12. NN. lumb. II und III links electrisch gereizt	15	20—24					0.0	
13. N. lumb. IV links electr. gereizt	15	14	2,8	3,0	55	62,7	7,7	8
14. N. ischiad. rechts mech. gereizt			3,2	2,4	76	121,6	45,6	
15. » » » electr. »	18	8	2,9	2,5	87,4	144,4	57,0	6
16. » » links » »	18	13	3,0	2,6 3,4	68,4	104,5	36,1	
17. » » rechts mechan. und electrisch gereizt	18	14	2,2	2.8	57	125,4	68,4	
18. N. ischiad. links electr. gereizt	18	10	3,0	3.0	74	110	36,0	5
19. » » rechts » »	18	25	2,6	3,1	66,5	119,7	53,2	7
Blutdruck genügend constant. Neben dem linken Seitenstrang ist noch ein sehr kleines Stückchen vom linken Vorderhorn erhalten geblieben, wohl kaum 1/20 der gesammten grauen Substanz.								
Versuch H.								
Kan. cur. Messerchen in der linken Seitenfurche, 3 mm. über der II. Lumbarwurzel.								
1. N. lumb. IV links electr. gereizt	14	15	3,2	3,2	78	93,3	15,3	5
2. » » II rechts » »	14	10	3,4	3,6	76	112,3	36,3	
3. » » III » » »	14	17	3,4	3,5	72,4	91	18,6	3
4. » » IV » mechan. »			3,6	3,6	74	87,4	13,4	
Nach Durchschneidung des R.-M. rechts vom Messer:								
5. N. lumb. II links mechan. und electrisch gereizt	14	15	3,4	3,4	55	68,4	13,4	8
6. N. lumb. III links mechan. und electrisch gereizt	14	25	3,8	3,6	55	70,3	15,3	
7. N. lumb. II rechts electr. gereizt	14	21			61	76	15.0	9
8. » » III » » »	14	22			62,7	70,3	7,6	
9. » » IV » » »	14	22			57	83,6	26,6	
10. » » IV links » »	14	18					0.0	
11. N. ischiad. links mechan. »					49,4	64,6	15,2	
12. » » » electr. »	15	22	3,0	3,0	55	72	17,0	15
13. » » rechts mechan. »			3,2	3,2	57	95	38,0	
14. » » » electr. »	18				57	68,6	11,6	
15. N. lumb. IV rechts electr. »	14	20	3,4	3,4	51,3	55	3,7	

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	Druck-Steigerung auf	Druck-Steigerung um mm.	Druck-Steigerung in Sec.
Von der grauen Substanz ist erhalten geblieben ein Stück vom Rand des rechten Vorderhorns, etwa 1/9 von der gesammten grisea betragend. Hinterstränge und Vorderstränge sind vollständig durchschnitten.								
Versuch I.								
Kan. cur. Messerchen in die rechte Seitenfurche des Marks gesteckt, 2 mm. über der II. Lumbarwurzel.								
1. N. ischiad. links electr. gereizt	18	7			72	125,4	53,4	10
2. » » rechts » »	18	6			81,7	133	51,3	9
Nach Durchschneidung des R.-M. links vom Messerchen:								
3. N. ischiad links electr. gereizt	18	15			95	123,5	28,5	5
4. » » rechts » »	18	16			93	112	19	8
5. » » links » »	12	11			93	114	21	15
6. » » » » »	18	15			93	106,4	13,4	7
7. » » rechts » »	12	12			89,3	102,6	13,3	6
8. » » » » »	12	11			83,6	104,5	20,9	18
Die graue Substanz ist völlig zerstört, mit Ausnahme eines Stückchens vom rechten Vorderhorn (1/15 der gesammten grisea). Blutdruck constant genug. Herzschläge schwach.								
Versuch K.								
Kan. cur. Messerchen in der rechten Seitenfurche des Marks.								
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	10	4,1	2,0	121,6	174,7	53,1	11
2. » » links » »	18	10	3,8	2,7 / 4,1	125,4	178,6	53,2	4
Nach Durchschneidung des R.-M. links vom Messer:								
3. N. ischiad. rechts electr. gereizt	15	22	4,0	4,0	112	135	23	
4. » » links mechan. und electrisch gereizt	15	17	3,6	3,6	106,4	155,8	49,4	
5. NN. lumbal. II, III, IV beiderseits successive electr. gereizt	15—10	15—20					0.0	
6. N. ischiad. rechts electr. gereizt	12	17			102,6	136,8	34,2	22
7. » » links mechan. und electrisch gereizt	12	18			117,8	144,2	26,4	

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
Die graue Substanz ist vollständig zerstört; dem entsprechend auch die innersten Partien des rechten Seitenstrangs, namentlich die Bucht zwischen Vorder- und Hinterhorn, mit in den Schnitt gefallen. Blutdruck genügend constant.								
Versuch L.								
Kan. cur. Messerchen in die linke Seitenfurche gesteckt, 5 mm. über der III. Lumbarwurzel.								
1. N. isch. links electr. gereizt . . .	18	10			106.4	144,4	38,0	15
2. » » rechts mech. und el. ger.	18	10			102,6	159,6	57,0	11
Nach Durchschneidung des Marks rechts vom Messer:								
3. N. isch. links electr. gereizt . . .	14	12			97	112	15,0	5
4. » » rechts mech. u. el. ger.	14	11			93	157,7	64,7	
Graue Substanz fast vollständig durchschnitten; am inneren Rande der erhaltenen Markpartie ist blos ein äusserst schmales Streifchen grisea mikroskopisch nachweisbar.								
Versuch M.								
Kan. cur. Messerchen in beide Seitenfurchen des R.-M. gesteckt und die dazwischen liegende Partie zerstört, 10 mm. unter der II. Lumbarwurzel.								
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	18			100,7	140,6	39,9	12
2. » » » » »	18	16	2,8	2,4	104,5	144,4	39,9	
3. » » » mechan. »					119,7	154	34,3	
4. » » links electr. »	18	14	3,3	2,7	125,4	154	28,6	14
Auf der einen Seite ist gar keine graue Substanz intact geblieben, auf der andern Seite wohl über die Hälfte derselben. Dennoch kein sehr auffallender Gegensatz in der Reaction der beiden Nerven bemerklich. Blutdruck genügend regelmässig.								

Versuche mit Durchschneidung der Seitenstränge

unter Erhaltung der grauen Substanz.

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	Druck-Steigerung auf	Druck-Steigerung um mm.	Druck-Steigerung in Sec.
Versuch N.								
Grosses, sehr reizbares Kaninchen cur. Bei intactem, an einer Stelle blosgelegtem Mark:								
1. N. ischiad. electr. gereizt links	18	8			114 *	höher als 167	53	
2. » » » » rechts	18	3			121,6	höher als 167	45,4	4
Messerchen in die rechte Seitenfurche des R.-M. gesteckt, 5 mm. über der II. Lumbarwurzel und nach aussen (rechts) von demselben das Mark durchschnitten.								
3. N. ischiad. rechts mechan. ger.					110,2	höher als 163,4	53,2	
4. » » links electr. »	18	5			117,8	165,3	47,5	5
Messerchen in die linke Seitenfurche gesteckt, 1 mm. höher als das vorige und aussen (links) von demselben durchschnitten.								
5. N. ischiad. links electr. gereizt	18	22			108,3	114	5,7	15
6. » » rechts » »	18	21			97	106,4	9,4	15
7. NN. lumbal. III und IV rechts electrisch gereizt	18—12	20—25					0.0	
8. N. lumb. III links elect. gereizt	12	20			70,3	95	24,7	8
9. » » IV » » und mechanisch gereizt	12	18			70,3	89,3	19,0	7
10. N. ischiad. links electr. gereizt	12	22			76**	81,7	5,7	
11. » » rechts » »	12	20			76	79,8	3,8	20
Von der grauen Substanz ist blos durchschnitten der äussere Theil von der Spitze des linken Vorderhorns und eine Spur								

*) Bei No. 1. 2. 3. stieg die Quecksilbersäule so rasch und heftig, dass der Hahn des Manometers geschlossen werden musste; die angegebene Höhe bezeichnet die Steigung bis zum Hahnschluss. Der Erfolg von Reizung 4. ist daher niedriger zu taxiren, weil kein Schluss des Hahns nöthig war.

**) Auch diese Spur von Steigung zweifelhaft.

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um	um %
vom äusseren Rande des rechten Hinterhorns. Mindestens 7/8 der gesammten grisea sind intact geblieben, nebst den innersten Partien beider Seitenstränge. Intact sind ferner beide Hinter- und Vorderstränge. Blutdruck genügend constant.								

Versuch O.

Kan. cur. Messerchen beiderseits in die Seitenpartie des R.-M. gesteckt, 9 mm. unter der I. Lumbarwurzel.

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um	um %
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	18	3,0	3,0	93	104,5	11,5	[illegible]
2. » » » » »	15	22			72,2	100,7	28,5	[illegible]
3. » » links » und mechanisch gereizt	15	15			49,4	68,4	19	
Blutdruck und Herzaction sehr gesunken. Nach Durchschneidung der beiden durch die Messer abgegrenzten Aussenpartien des Marks:								
4. N. ischiad. links	15	20					0 0	
5. » » rechts electr. gereizt	15	20			43,7	53,2	9,5	[illegible]
6. » » » » »	15	30			22,8	39	16,2	[illegible]
7. » » links » »	15	19			21	24,7	3,7	
Graue Substanz ganz intact. Seitenstränge, namentlich der linke, nur sehr unvollständig durchschnitten. Herzaction anfangs kräftig, von Reizung 3. an sehr gesunken. Blutdruck ohne störende Schwankung, obwohl stark fallend.								

Versuch P.

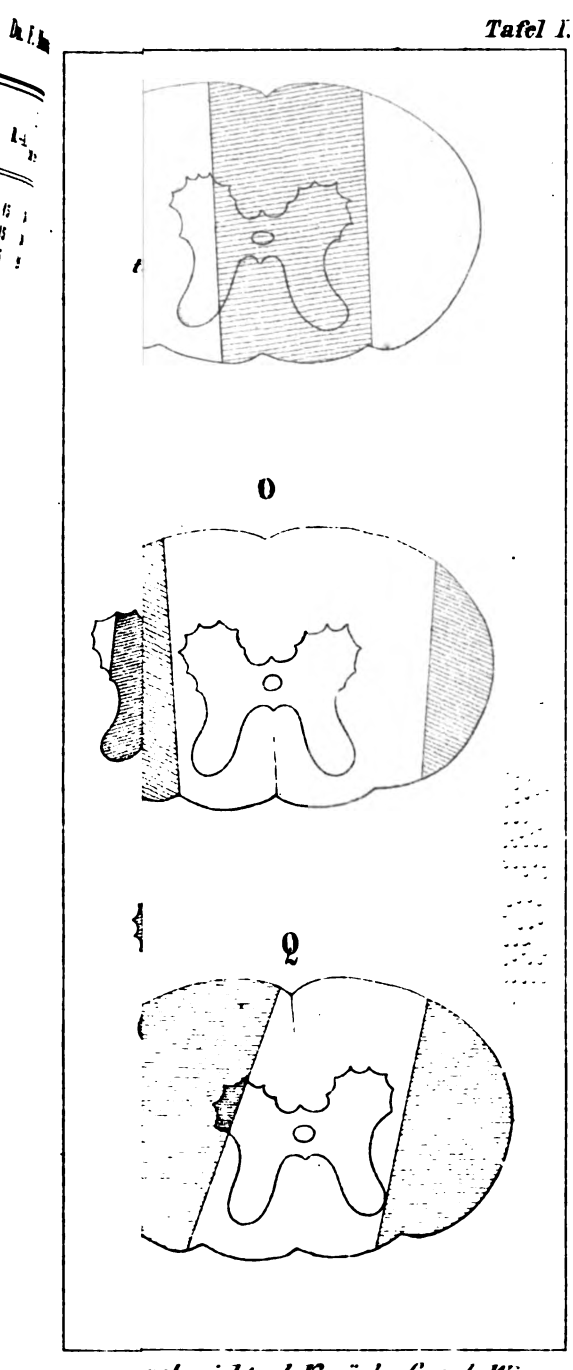
Kan. cur. Messerchen in beide Seitenfurchen des Marks gesteckt, 2 mm. über der III. Lumbarwurzel.

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um	um %
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	18			68,4	98,8	30,4	
2. » » links » »	18	19			72,2	89,3	17,1	[illegible]
Nach Durchschneidung des rechten Seitenstrangs nach								

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
aussen vom rechts eingesteckten Messer:								
3. N. ischiad. rechts mechan. und electr. gereizt	18	20			49,4	87,4	38,0	16
4. N. ischiad. links electr. gereizt .	18	20			53,2	76	22,8	14
Nach Durchschneidung des linken Seitenstrangs nach aussen vom links eingesteckten Messer:								
5. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	17			49,4	57	7,6	
6. NN. » » und links electrisch gereizt	18—15	20—25			Zweifelhafte Spur innerhalb der Grenzen der normalen Schwankungen.			
Die linke graue Substanz ist völlig intact. Von der rechten grauen Substanz ist die äussere Hälfte beider Hörner durchschnitten. Der Seitenstrang ist rechts völlig getrennt, links sind die innersten Partien desselben erhalten geblieben. Vorder- und Hinterstränge sind fast völlig intact. Der Blutdruck zeigt namentlich gegen Ende des Versuchs spontane Schwankungen von höchstens 8 — 10 mm. Daher der spurenweise Erfolg von Reizung 5 und 6 problematisch.								
Versuch Q.								
Kan. cur. Messerchen in beide Seitenfurchen gesteckt, 4 mm. über der III. Lumbarwurzel.								
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	16			83,6	112	28,4	12
2. » » links » »	18	16			76	114	38	12
3. Durchschneidung des rechten Seitenstrangs nach aussen vom rechten Messer:	—	—	—	—	79,8	100,7	20,9	
4. N. ischiad. links electr. gereizt	18	20			68,4	76	7,6	16
5. » » rechts » »	15	15			59	72,2	18,2	3
6. » » links » »	15	15			57	79,8	22,8	15
7. Durchschneidung des linken Seitenstranges					57	91,2	34,2	
8. N. ischiad. rechts und links successive electr. gereizt	15	18—22					0.0	

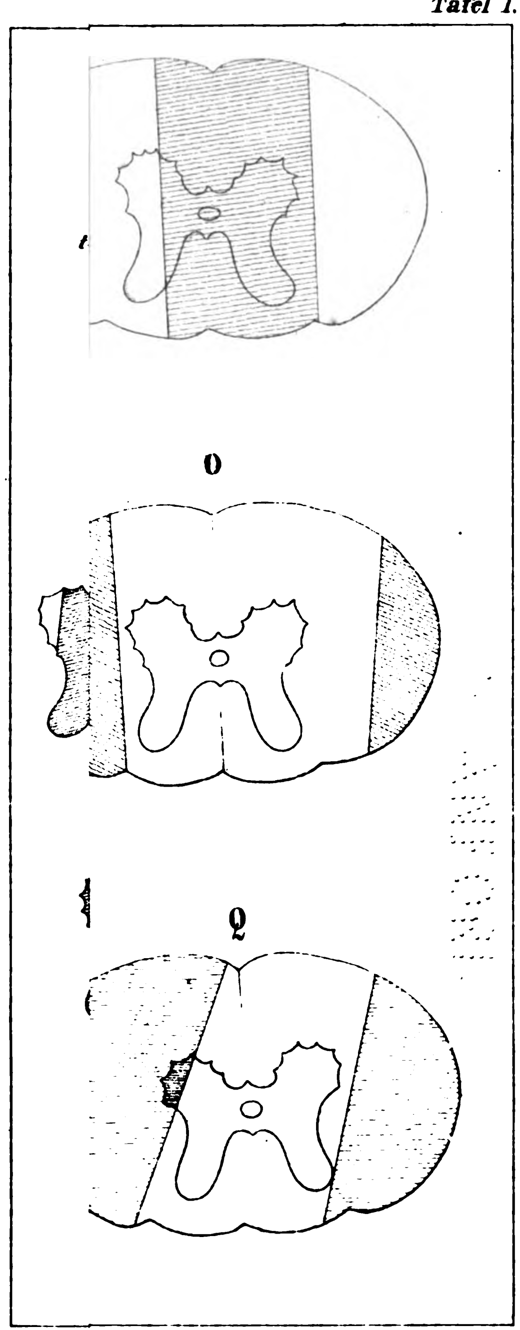
	R.-A.	D. R. in Sec.
9. N. lumb. II. rechts electr. gereizt	15	34
10. » » » links » »	15	30
11. » » » rechts » »	15	26
Von der grauen Substanz ist nur ein Stückchen vom äussersten Rand der Spitze des linken Vorderhorns zerstört, kaum 1/20 ihres gesammten Querschnitts. Hinterstränge und Vorderstränge intact; von den Seitensträngen die innersten Partien, doch lange nicht so viel, als bei Versuch O. Blutdruck regelmässig genug.		

Tafel I.

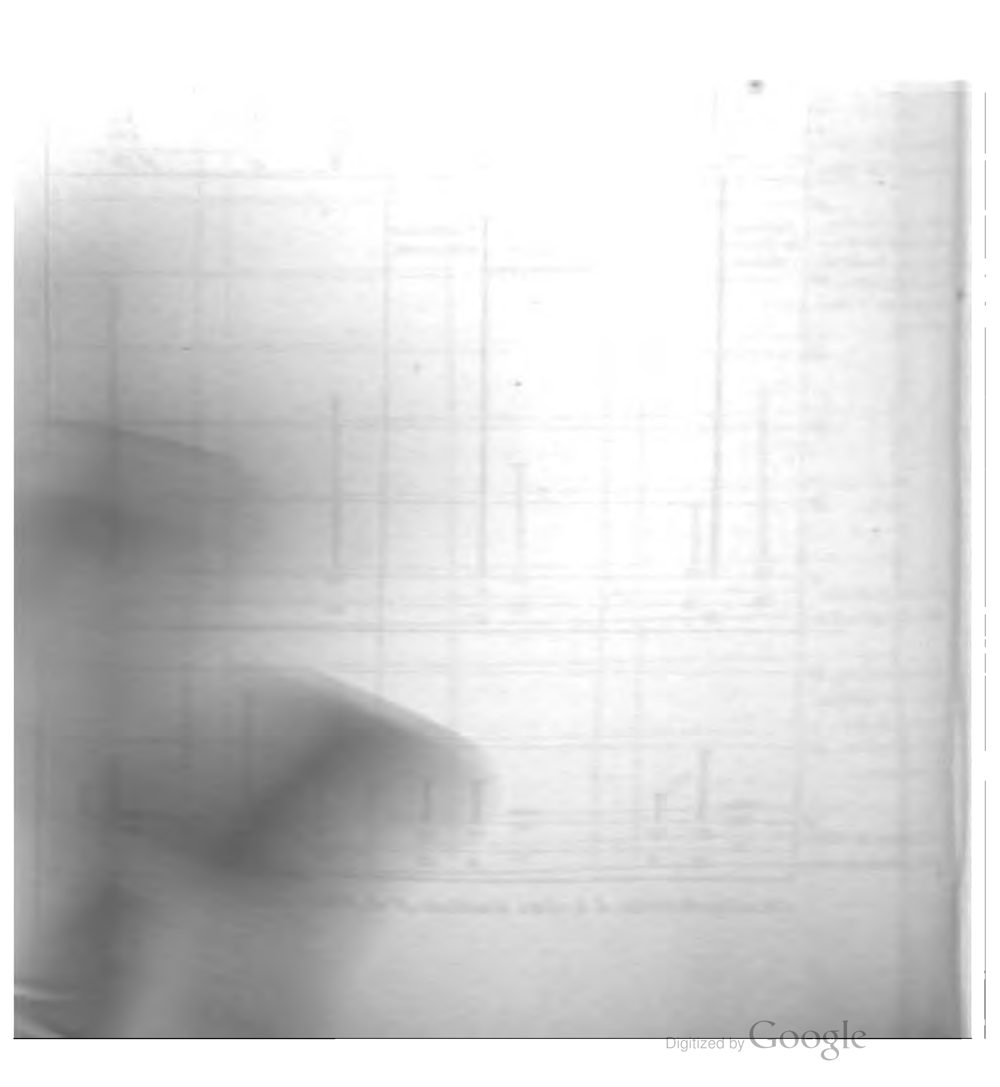


gsberichte d. K. sächs. Ges. d. Wiss.
Zur Abhandlung v. F. Miescher.

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
9. N. lumb. II. rechts electr. gereizt	15	34			47,5	57	9,5	17
10. » » » links » »	15	30			41,8	66,5	24,7	15
11. » » » rechts » »	15	26			47,5	68,4	20,9	12
Von der grauen Substanz ist nur ein Stückchen vom äussersten Rand der Spitze des linken Vorderhorns zerstört, kaum $^1/_{20}$ ihres gesammten Querschnitts. Hinterstränge und Vorderstränge intact; von den Seitensträngen die innersten Partien, doch lange nicht so viel, als bei Versuch O. Blutdruck regelmässig genug.								



gsberichte d. K. sächs. Ges. d. Wiss.
Zur Abhandlung v. F. Miescher.



Erklärung der Tafeln.

Tafel I. Fig. 1.a stellt ein Stück aus dem obern Drittheil des Lendenmarks vom Kaninchen dar. Wenn in dasselbe ein Messerchen, und zwar in die Ursprungsfurche der hintern Nervenwurzeln gesteckt wird (v. v) und gegen den hierdurch erzeugten Spalt ein senkrechter Schnitt (t) geführt wird, so müssen die Theile durchschnitten werden, welche in Fig. 1.b nicht schraffirt sind. Diese letztere Figur, welche in richtigem Verhältniss der Theile vergrössert ist, lässt erkennen, dass von der gesammten Masse des Rückenmarkes nur der Seitenstrang jenseits der Linie v. v. erhalten bleibt, ausgenommen das sehr kleine Stück desselben, welches von dem sehr flachen Bogen zwischen dem grauen Vorder- und Hinterhorn umspannt wird.

In der beabsichtigten Ausdehnung gelang der Schnitt in den Versuchen D und K. In allen übrigen Versuchen blieben dagegen noch Reste der grauen Substanz stehen. Um den Lesern die relative Grösse der Ungenauigkeit zu versinnlichen, habe ich von der grauen Substanz der Versuche A. C. F. G. H. I. L. vergrösserte Copien möglichst genau entworfen. Der schraffirte Theil der grauen Masse war durchschnitten, der weiss gebliebene war dagegen der Zerschneidung entgangen.

Fig. II. Das Kaninchenrückenmark von demselben Orte wie Fig. I. Die Striche vv beiderseits deuten an, dass in der folgenden Versuchsreihe an je eine Ursprungsfurche der hintern Nervenwurzeln ein Messerchen gesteckt und die Seitenstränge des Rückenmarkes nach Angabe der Schnitte t durchschnitten werden sollten.

Den Grad in dem dieses in den Versuchen M. N. O. P. Q. gelungen ist, geben die auf der Tafel gezeichneten Diagramme an. Die schraffirten Theile waren durchschnitten.

Tafel II. III. IV. geben in graphischer Weise die bei den Reizungsversuchen gewonnenen Resultate wieder. Durch die in den Versuchsprotokollen enthaltenen Zahlen und durch die in die Tafeln eingeschriebenen Bemerkungen dürfte für das Verständniss der graphischen Darstellung genügend gesorgt sein.



C. Ustimowitsch, *Experimentelle Beiträge zur Theorie der Harnabsonderung*. Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von d. wirkl. Mitgl. *C. Ludwig*.

Der Bau und die Lage der Säugethierniere gestatten den vivisectorischen Versuchen über Harnabsonderung keine Einsicht in die Zustände und Vorgänge des harnbildenden Apparates selbst. So erhalten wir namentlich keinen Aufschluss über die Drücke und Geschwindigkeiten des Blutstroms im Innern der Niere, über die Füllung und Entleerung der Lymphräume, über die Spannungen des Inhaltes der einzelnen Abschnitte des Harnkanälchen, über die Grösse der Nervenerregung, über die Zusammensetzung des Blutes diesseits und jenseits und über diejenige der übrigen Flüssigkeiten innerhalb der Niere, über etwaige Veränderungen der Endothelwände und des Zellenbelags u. a. m. Dem entsprechend sind wir auf die Erforschung der Beziehungen beschränkt, welche zwischen dem Fehlen und Vorhandensein einer Erregung in den centralen Nervenenden, dem Mehr oder Weniger von harnfähigen Stoffen in dem arteriellen Blute, dem Drucke dieses letztern in der Aorta, den Widerständen für den Harnabfluss in dem Ureter einerseits und anderseits zwischen der Menge und Art des abgesonderten Harnes bestehn. Versuche von der soeben geschilderten Beschaffenheit werden selbstverständlich nur zur Auffindung von sog. empirischen Gesetzen führen können. Aber auch diese verhältnissmässig bescheidene Erwartung würde sich nur dann durch einfache und immer zutreffende Versuche erfüllen lassen, wenn wir nach Belieben eine Absonderung von bestimmter Geschwindigkeit und

Zusammensetzung herbeiführen, festhalten und sie als Ausgangspunkt für weitere Variationen benutzen könnten. Dieses ist uns jedoch wegen der mangelhaften Beherrschung der Bedingungen die an der Harnabsonderung betheiligt sind, unmöglich, denn es treten ausser der einen willkürlich von uns herbeigeführten Veränderung auch noch andere in unbekanntem Grade und aus unbekannten Gründen auf, welche den beabsichtigten Erfolg trüben. Demgemäss werden wir in der Regel uns nur durch die Ausführung grösserer Versuchsreihen, beziehungsweise durch die aus ihnen gezogenen Mittelwerthe die gewünschte Aufklärung zu beschaffen haben. Obwohl mir diese Bedenken nicht entgingen, als mir Hr. Prof. *C. Ludwig* den Vorschlag zu der im Folgenden mitgetheilten Versuchsreihe machte, stand ich doch nicht an sie zu beginnen, theils in Anbetracht der grossen und namentlich praktischen Wichtigkeit unseres Gegenstandes, theils geleitet von der Ueberzeugung dass ein Fortschritt der Methode nur während der Arbeit selbst zu gewinnen sei.

Meine Versuche sind durchweg an Hunden angestellt, die seit mindestens 18 Stunden weder feste noch flüssige Nahrung empfangen hatten. Nüchterne Thiere geben zwar viel weniger Harn als verdauende, aber sie gewähren für den Verlust an Zeit welche die Beobachtung erfordert, grössere Sicherheit für eine gleichmässige Harnabsonderung. An den Thieren wurde bestimmt: das während mehrer Stunden abgeschiedene Harnvolum und in diesem entweder nur der Harnstoff oder das Chlor oder beides; wo es nöthig erschien wurde auch nach Zucker oder Eiweiss gesucht. Neben diesem wurde häufig auch der Druck des Blutes in der a. carotis gemessen. Die Veränderungen die ich an den Thieren in der Absicht anbrachte um den Einfluss derselben auf die Harnabsonderung zu prüfen, bestanden in der Durchschneidung der Nierennerven und des Halsrückenmarkes, in der Einspritzung von Harnstoff oder NaCllösung in die vena jugularis, in der Vergiftung mit Curare. — Vor der Mittheilung der Versuchsreihen selbst werde ich erst angeben, wie ich die genannten Messungen und Variationen des Versuches bewirkt habe.

Aufsammlung des Harns. Sie geschah aus den Ureteren, welche nach der schon wiederholt beschriebenen Weise nahe ihrer Einmündung in die Blase aufgesucht, aus der Unterleibshöhle herausgehoben mit einer Canüle versehn und dann

wieder an ihren Ort zurückgebracht wurden. *) Die Thiere verweilten während der Beobachtungszeit abweichend von dem bei *M. Herrmann* beschriebenen Verfahren in der Rückenlage, weil ihnen bei Curarevergiftung oder nach den Rückenmarkdurchschneidungen das aufrechte Stehen unmöglich gewesen sein würde. Die Zeit der Aufsammlung wurde so lange fortgesetzt bis eine zur Analyse genügende Menge gewonnen war; dann erst ward zu einer Zustandsveränderung des Thieres geschritten. Wurde kein Harn abgesondert, so liess man den Zustand in Folge dessen die Harnstockung bestand meist 1 Stunde und länger dauern bevor eine neue Variation in den Versuch eingeführt ward. — Beim Auffangen des Harns wurden alle Vorsichtsmaassregeln angewendet, deren *M. Herrmann* gedenkt. Um auch der Forderung zu genügen, dass der in dem Abflussröhrchen enthaltene Harn keinen Druck auf den Inhalt des Ureters übe wurde an den über die Bauchdecken hervorragenden Schenkel der ⊥ förmigen Canüle ein Winkelrohr gesetzt, dessen absteigender in das calibrirte Sammelglas freimündender Schenkel gerade so lang war als der aufsteigende der ⊥ Canüle.

Harnanalyse. Den Harnstoff bestimmte ich im Beginn meiner Versuche durch das Verfahren von *Liebig*. Nachdem Herr Dr. *Hüfner* *) die Methode von *Knop* für den Harn nutzbar gemacht zog ich diese ebenso einfache als genaue Bestimmungsweise vor. In weitaus den meisten Fällen erlaubte mir die aufgefangene Menge des Harns die Ausführung von Doppelanalysen. Jede der später aufgeführten Zahlen ist also in der Regel das Mittel aus zwei meist sehr annähernd übereinkommender Bestimmungen. — Das Chlor wurde nach der bekannten Vorschrift von *Mohr* ermittelt. Herr Dr. *Hofmann* theilte mir mit, dass nach den Erfahrungen von *C. Voit* diese Methode den Chlorgehalt des Harns zu hoch angebe, weil sich beim Verbrennen des Harns mit Salpeter Cyan bildet, welches nachträglich in den Silberniederschlag eingeht. Durch diesen bei meinen kleinen Harnmengen schwer zu beseitigenden Uebelstand war allerdings die absolute Menge des Chlors um einen im einzelnen Falle unbekannten Werth erhöht. Diese Erhöhung dürfte jedoch meine aus den

---

*) Siehe *Max Herrmann*, Wiener Sitzungsberichte mathem.-phys. Classe. 36. Bd. p. 350 und 47. Bd.

**) *Kolbe's* Journal für pract. Chemie 3. Bd.

Analysen gezogenen Schlüsse kaum beeinträchtigen, weil diese sich nur auf den Unterschied des Chlorgehalts zweier auf gleiche Weise behandelter Harnmengen beziehen. — Den Wassergehalt der Harnmengen habe ich nicht besonders bestimmt, weil ich es für erlaubt halte das Volum des ausgeschiedenen Harns seinem Wassergehalte proportional zu setzen, wenn es auf die Vergleichung so grosser Unterschiede, wie sie sich im Folgenden finden ankommt. — Nach dem Zucker habe ich mit *Fehling's* Lösung gesucht. Ich bemerke hier ein und für allemal dass ich niemals bei meinen Prüfungen eine über das Spurweise hinausgehende Reduction bemerkte. Eiweiss ward durch Erhitzen des schwachsauren Harnes oder durch Salpetersäure nachgewiesen.

Bestimmung des arteriellen Blutdruckes. Der Druck des Carotidenblutes ward in bekannter Weise durch das registrirende Manometer gefunden. Entsprechend einer durch viele Stunden hindurch fortgesetzten Aufsammlung des Harns hätte auch die Bestimmung des Blutdruckes stundenlang andauern müssen, da es ja darauf ankommt die aus einer längeren Versuchsperiode abgeleitete mittlere Geschwindigkeit der Harnabsonderung mit dem während derselben Periode bestehenden mittleren Blutdrucke zu vergleichen. Obwohl eine über Stunden sich erstreckende Bestimmung des Blutdruckes sich aus technischen Gründen nicht als unausführbar erweist, so habe ich doch vorgezogen von ihr abzustehn. Mich bewog hiezu die Besorgniss dass der Schaden der hiebei durch die unvermeidlichen Blutverluste und durch das Eindringen von kohlensaurem Natron in den Blutlauf des Thieres entstehen könnte, grösser sein möchte als der Vortheil den ich erlangte. Wenn ein sonst unverändert gebliebenes Thier stundenlang in strenger Ruhe verharrt, so ändert sich voraussichtlich auch sein Blutdruck nicht. Diese Annahme scheint sich durch meine Versuche insofern zu bestätigen als die von $^1/_2$ zu $^1/_2$ Stunde bestimmten Drücke sehr annähernd gleich gefunden wurden, vorausgesetzt dass in der Zeit zwischen je zwei Bestimmungen keine wesentliche Aenderung in die Lebensbedingungen des Thieres eingeführt worden war. Aus diesem Grunde habe ich mich damit begnügt von $^1/_2$ Stunde zu $^1/_2$ Stunde den Druck etwa 20 Secunden hindurch zu messen. Nur unter gewissen Umständen erwies es sich als nothwendig den Druck öfter zu messen. Zu diesen zählen die Perioden, in welchen das Rückenmark durchschnitten ward.

Unmittelbar nach diesem, zuerst reizend und dann lähmend wirkenden Eingriff ändert sich der Blutdruck sehr merklich, und erst allmählig stellt sich eine für längere Zeit gleichbleibende Höhe desselben ein. Diesem gemäss habe ich in der ersten Zeit nach Vollendung der Rückenmarkdurchschneidung den Druck öfter gemessen. — Ueber die Druckänderungen und die Modifikation seiner Bestimmung während Curarevergiftung und Harnstoffeinspritzung werde ich später noch sprechen.

Vergiftung mit Curare. Nach den Angaben von *Eckhard**) wirkt das Curare je nach den Stadien der Vergiftung sehr ungleich auf die Harnabsonderung. Unmittelbar nach dem Eintritt der Vergiftung stockt dieselbe vollständig; im weitern Verlaufe der Curarelähmung stellt sich das Harnen wieder ein, zunächst jedoch sparsam, dann aber namentlich wenn die Thiere wieder selbstständig zucken reichlicher, so dass schliesslich in der Zeiteinheit mehr Harn abgesondert wird als vor der Vergiftung. Diese Beobachtungen, welche ich in meinen Versuchen im Wesentlichen bestätigt fand, veranlassten zu einer besonders sorgfältigen Anwendung des Curare. Mein Bestreben ging darauf aus den Harn zu gewinnen, welcher während des Höhestadiums der Vergiftung abgesondert war. Als ein leicht zu gewinnendes Kennzeichen für diesen Vergiftungsgrad betrachte ich die Unfähigkeit der Conjunctivalnerven, Reflexe in dem Augenlidschliessen hervorzurufen. Um nur gerade soweit als nöthig zu vergiften spritzte ich durch die vena jugularis absatzweise etwa je 2 Milligram eines wenig stark wirkenden Curare's; nach jeder Dosis wartete ich mehrere Minuten und prüfte darauf die Reflexe des Auges. War die gewünschte Unfähigkeit zur Reaction eingetreten, so begann ich mit dem Versuche. Thiere, welche mit dieser gerade nur zur vollständigen Vergiftung hinreichenden Dosis versehn sind, pflegen gewöhnlich nach einer Stunde wieder die ersten Spuren der Erholung darzubieten. Sowie sich nun bei der öfter angestellten Prüfung der Conjunctiva eben merkbare Bewegungen des Auges resp. des Augenlides einstellten, wurde von neuem eine kleine Dosis des Giftes eingespritzt und dieses geschah so oft und so lange als das Auffangen des Harns dauern sollte. Alle Angaben, welche in den folgenden Blättern niedergelegt sind, beziehen sich desshalb auf die volle Curarenarkose.

*) *C. Eckhard*, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie V. Bd. 166.



Hiemit ist nun keineswegs gesagt, dass der Zustand der motorischen Nerven, insbesondere aber der Gefässnerven in allen meinen Versuchsthieren identisch gewesen sei. Im Gegentheil es bieten sich trotz einer sorgfältigen, den Individualitäten der Thiere scheinbar noch so genau angepassten Dosirung grosse Verschiedenheiten im Verhalten der Gefässnerven. Abgesehn von dem Ausdruck, den diese in der ungleichen Höhe des arteriellen Blutdrucks finden, prägen sie sich unmittelbar sichtbar auch in der verschiedenartigen Röthung der Haut aus. Die haarlosen Stellen der Haut färbten sich nämlich nach der Vergiftung nicht bei jedem Hunde in gleichem Grade roth, eine Erscheinung, welche nur dahin zu deuten ist, dass die Wand der Bauchhautarterien trotz einer scheinbar gleichen Lähmung der willkührlichen Muskelnerven in ungleichem Maasse erschlafft ist. — Aus diesem Grunde ist es von vorneherein wahrscheinlich, dass mit dem Ausdruck »Höhestadium der Curarevergiftung« günstigsten Falls ein Zustand bezeichnet ist, der mit Rücksicht auf die in der Niere stattfindenden Vorgänge von einem zum andern Hunde nur als ein annähernd bestimmter oder unveränderlicher zu bezeichnen ist.

Durchschneidung der Nierennerven. Die Operation wurde im wesentlichen nach den bei *Max Herrmann* beschriebenen Handgriffen ausgeführt. Gewöhnlich ward sie auf der linken Seite unternommen. Fette und allzu grosse Hunde sind für diese Operation nicht geeignet. Die etwas mühseeligere Durchschneidung der Nierennerven habe ich derjenigen des nerv. splanchnicus vorgezogen, weil durch die letztere Operation ausser der Erschlaffung der Nierenarterien auch die der Darmarterien hervorgerufen wird, wodurch, wie bekannt, mancherlei nebensächliche Veränderungen des Blutstroms in der Aorta hervorgerufen werden, die für die Harnabsonderung nicht gleichgiltig sind. Die Durchschneidung der Nierennerven ist übrigens um so leichter ausführbar je weiter entfernt sie von dem Hilus der Niere vorgenommen wird. Da der plexus renalis in dem Bindegewebe verläuft, welches zwischen den grossen Nierengefässen und der Nebenniere ausgespannt ist, so ist die Auffindung derselben sehr erleichtert, sowie man sich die hintere Fläche der Nebenniere als Ausgangspunkt der Aufsuchung auswählt. Ausser der Bequemlichkeit gewährt aber die grössere Entfernung des Operationsfeldes von der Niere noch einen andern gewiss nicht zu

unterschätzenden Vortheil. Dieser besteht darin, dass man sicher das Oedem der bindegewebigen Umgebung der Niere vermeidet, durch welches die Lymphgefässe der Niere ihren Weg nehmen. Dieses Oedem kann aber für die an der Harnabsonderung betheiligten Vorgänge keine gleichgiltige Erscheinung sein, weil es sich in der Regel bis in die Niere selbst, beziehungsweise bis in die Räume zwischen die Harnkanälchen hinein verbreitet. — Die Operation in der unmittelbaren Nähe der Niere führt auch noch ausserdem selbstverständlich zu einer theilweisen Entblössung und somit zu einer Abkühlung der Niere. Nun kann man sich aber leicht davon überzeugen, dass die Abkühlung der Nierenoberfläche von einer Störung des Blutstroms begleitet ist, die allerdings durch die nachfolgende Erwärmung wieder ausgeglichen wird. Die der Abkühlung ausgesetzte Nierenoberfläche nimmt alsbald eine dunkle Farbe an, die erst nach der Wiedererwärmung wie sie u. a. durch die bedeckende Hand erreicht wird, sich in die früher vorhandene hellrothe umwandelt. Diese unzweifelhaft nicht gleichgiltige Störung des Stroms wird durch die von mir empfohlene Modifikation des Durchschneidungsverfahrens ebenfalls vermieden und darum dürfte sie auch aus diesem Grunde den Vorzug verdienen.

Durchschneidung des Rückenmarks. Die Blosslegung des Markes im Bereiche der beiden letzten Halswirbel ist namentlich bei grössern Hunden kein unbedeutender und auch kein leicht auszuführender Eingriff, theils wegen der Mächtigkeit der Muskulatur, welche die Wirbelsäule deckt, und theils wegen der Festigkeit der Wirbelbogen. Da diese Operation schon so ausserordentlich häufig von Andern geübt wurde, so wird eine Beschreibung des Verfahrens nicht nothwendig sein. Bei der Blosslegung der Wirbelsäule bin ich besonders darauf bedacht gewesen die Blutung zu vermeiden, theils durch die sorgfältigste Führung des Messers und durch häufige Unterbindungen, dann aber habe ich auch die Fleischwunde so klein gemacht als es nur irgend mit der Sicherheit des Erfolgs verträglich war. Zur Durchbohrung des Knochens habe ich statt der gewöhnlich benutzten Knochenzange einen eigens für die vorliegenden Verhältnisse gebauten Trepan gebraucht. Wenn mit diesem der mittlere Theil des Bogens durchschnitten und die ausgebohrte Knochenscheibe entfernt war, so ward mit einem feinen Messer die dura mater eröffnet. Nachdem dieses geschehen ward ein gebogenes, starkes

aber scharfes Messer in den Wirbelkanal eingeführt und durch passende Schnitte das Mark vollständig durchgetrennt. Die venose Blutung, die hierauf zu folgen pflegt, stillte ein kleines Schwämmchen das in die austrepanirte Knochenöffnung eingeführt ward. — Zu allen Versuchen, bei welchen das Halsmark durchschnitten werden soll, eignen sich nur junge kräftige Hunde; ältere pflegen in der Regel nach kaum stundenlangem Leben unter stetig fortschreitender Erniedrigung des Blutdruckes zu sterben.

Der Durchschneidung des Halsmarkes liess ich die der beiden n. vagi folgen, weil es öfter vorkommt, dass nach der Trennung des Halsmarkes die Pulsfolge sehr verlangsamt wird, offenbar in Folge der reflectorischen Erregung von Seiten des zerschnittenen Markendes.

Nach Beendigung des Versuchs wurde jedesmal durch eine sorgfältige Section nachgewiesen, ob und inwieweit die Niere und das Rückenmark zerschnitten waren.

Künstliche Respiration. Ein Hund der stundenlang in der Rückenlage zu verharren gezwungen ist kühlt nicht unbeträchtlich ab, insbesondere wenn er wie nach der Curarisirung oder der Markzerschneidung nur durch künstliche Athmung lebendig bleibt. Diese Abkühlung ist von einem unzweifelhaften Einfluss auf die Gefässnerven. Desshalb suchte ich derselben vorzubeugen und zwar dadurch, dass stets nur erwärmte Luft in die Lungen eingeblasen wurde. Zwischen den von der Gasmaschine in höchster Regelmässigkeit getriebenen Blasebalg und die Luftröhre schaltete ich darum ein zinnernes Schlangenrohr ein, das in heiss erhaltenes Wasser versenkt war. Mit dieser Einrichtung gelang es, der Lunge einen Strom von Luft, die zwischen 30° und 40° C. temperirt war, zuzuführen. An kühlen Tagen bedeckte ich auch noch den Körper des Thieres mit einer wollenen Decke. Bei der Anwendung dieser Vorsichtsmaassregeln kühlt denn auch das Thier so wenig ab, dass der befühlenden Hand selbst die haararmen Bauchflächen immer warm erscheinen.

Den Inhalt meiner Beobachtungen fasse ich unter zwei Titeln zusammen.

I. Ueber die untere Grenze des Blutdruckes, bei welcher noch Harn abgesondert wird. — Die Annahme, dass der Druckunterschied zwischen dem Inhalt der

Blutgefässe und dem der Harnkanälchen eine der wesentlichen Ursachen sei, welche die Harnbestandtheile des Blutes aus diesem in die Nierengefässe überführen, stützt sich vorzugsweise auf die Versuche von *Max Herrmann.* Um zu einem Beweise seines aus anatomischen Gründen wahrscheinlichen Satzes zu gelangen erhöht er entweder den Druck des Inhaltes der Harnkanälchen oder er erniedrigt den Druck des Blutes in der a. renalis. Auf beiden Wegen kommt er schliesslich zu Druckgrenzen, bei welchen die Harnabsonderung vollständig stillsteht; ändert er von dieser Grenze aus den Druck in dem Sinne, dass der Druckunterschied zwischen dem Inhalte der Harn- und Blutkanäle vergrössert wird, so tritt ein Wachsthum der Harnabsonderung auf bis endlich ein Punkt erreicht wird, von welchem aus ein weiteres Ansteigen des Druckunterschiedes keine Vermehrung der Harnabsonderung bewirkt. In dieser Versuchsreihe erscheint besonders beachtenswerth: 1. der Druckwerth, auf welchen der Blutstrom in der art. renalis herabgebracht werden muss, wenn bei vollkommen freier Wegsamkeit des Ureters die Harnabsonderung zum Stillstand kommen soll; ist das letztere erreicht, so ist damit keineswegs der Blutstrom durch die Niere unterbrochen, im Gegentheil es geht derselbe noch mit Lebhaftigkeit aus der Niere durch die geöffnete Vene hervor. Hierin liegt also der Beweis, dass der blosse Wechsel des Blutes innerhalb der Niere nicht genügt, um die Absonderung zu unterhalten. — 2. Wenn aber bei normalem Blutstrom in der Nierenarterie der Druck im Ureter gesteigert wird, so hört die Absonderung auf, lange bevor der Uretereninhalt auf die Höhe der Spannung gekommen ist, welche innerhalb des Blutstroms vorkommt. Demnach reicht der arterielle Blutdruck aus, um die Kräfte zu decken, welche der Harnabsonderung zur Verfügung stehn. —

Nach diesen wiederholt bestätigten und leicht zu bestätigenden Thatsachen wird man zugestehn müssen, dass der erwähnte Druckunterschied für die Harnbildung von einer wesentlichen Bedeutung ist, selbst wenn man anerkennen muss, dass derselbe weitaus nicht hinreicht, um alle bei der Harnabsonderung eintretenden Erscheinungen erklärlich zu finden.

Bei meinen Untersuchungen haben sich nun eine Anzahl von Thatsachen ergeben, die für die Bedeutung, welche dem Blutdruck bei der Harnabsonderung zukommt, nicht gleichgiltig sein dürften.



In allen meinen Versuchen war, wie schon erwähnt, dem Ausfluss des Harns aus dem Ureter gar kein Widerstand entgegengesetzt worden. Man konnte desshalb zu glauben geneigt sein, dass der ganze Druck, welcher in den grossen Arterien vorhanden ist, der Harnabsonderung zu Gute käme. Wäre diese Meinung berechtigt, so würde hieraus folgen, dass der zur Harnabsonderung nothwendige Blutdruck ein sehr bedeutender sei, denn ich finde unter meinen Beobachtungen Fälle, in welchen bei dem Drucke von 118 und einmal sogar bei einem solchen von 134 Mm. Hg. stundenlang keine Harnabsonderung erschien.

Erwägen wir jedoch, dass die Geschwindigkeit und die Spannung, mit welcher das Blut jenseits der feinsten Arterienzweige strömt, keineswegs allein abhängt von dem Drucke, der in den grossen Arterien herrscht, sondern ausserdem noch bestimmt wird von dem Verkürzungsgrade der Muskeln in den Wänden der kleinen Arterien, so erkennen wir sogleich, dass nicht der ganze Druck, welcher innerhalb der grossen Gefässe besteht, für die Abscheidung des Harns nutzbar werden kann, sondern nur der Theil desselben, welcher nach Abzug der genannten Widerstände in die Abschnitte der Niere hineinwirkt, welche die Absonderung des Harns besorgen. Dafür, dass diese Annahme der Wahrheit näher kommt, sprechen die Erfolge, welche nach der Durchschneidung der Nierennerven eintreten. Mit dieser Operation werden, wie wir aus anderen Versuchen wissen, die Nervenbahnen durchschnitten, durch welche Erregungen, die im Gehirn erzeugt sind, auf die Muskelringe der Nierenarterie übertragen werden. Wir werden desshalb zu erwarten haben, dass nach der Durchschneidung dieser Leitungswege ein vorher unwirksamer Aortendruck harnabsondernd wirken könne; diese Voraussetzung bestätigt denn auch die Erfahrung. Als Beispiele mögen die folgenden Beobachtungen gelten, welche von curarisirten Hunden entnommen sind. — 1) Der Druck in der Carotis betrug vor der Nervendurchschneidung 66.5 Mm., die Harnabsonderung stockte während einer Beobachtungszeit von 95 Minuten vollständig; als darauf die Nierennerven durchschnitten waren, war der Druck des Blutes unverändert geblieben, der Harn begann jedoch alsbald zu fliessen und zwar mit einer Geschwindigkeit von 1.45 Cbc. in je 10 Minuten. — 2) Der Druck in der Carotis betrug vor der Nervendurchschneidung 118.1 Mm., die Harnabsonderung stockte während

einer Beobachtungszeit von 70 Minuten vollständig; als darauf die Nierennerven durchschnitten waren, schwankte der Druck des Blutes in den darauf folgenden 75 Minuten um 120 Mm. herum, der Harn begann alsbald zu fliessen und zwar mit einer Geschwindigkeit von 0.44 Cbc. für je 10 Minuten. — 3) Der Druck in der Carotis betrug vor der Nervendurchschneidung 100 Mm., die Harnabsonderung stockte während einer Beobachtungszeit von 55 Minuten; als darauf die Nierennerven durchschnitten waren, betrug der Druck des Blutes 103 Mm., der Harn begann alsbald zu fliessen und zwar mit einer Geschwindigkeit von 0,70 Cbc. in je 10 Minuten.

Diese Beobachtungen sind also in vollkommener Uebereinstimmung mit der Annahme, dass erst in Folge der zunehmenden Nachgiebigkeit der Arterienwand die Drücke der grossen Arterien für die Harnabsonderung nutzbar werden. Da jedoch, wie wir wissen, die vom Gehirne ausgehenden Erregungen keineswegs allein die Ursachen für den erhöhten Tonus der kleinen Arterien abgeben, so wird es erstens nicht auffallen, dass die Durchschneidung der Nierennerven nicht jedesmal eine vermehrte Absonderung zur Folge hat; das Ausbleiben eines positiven Erfolges hat schon früher *Max Herrmann* am unvergifteten Hunde gesehen, an curarisirten Thieren habe ich selbst das nämliche öfter beobachtet.

Andererseits leuchtet im Hinblick auf die veränderliche Widerstandsfähigkeit der Arterienwand ein, dass trotz einer Verminderung des arteriellen Druckes eine Steigerung der Geschwindigkeit, mit welcher der Harn abgesondert wird, eintreten kann, wenn gleichzeitig die Gefässmuskeln in Erschlaffung gerathen. Ungezwungen lassen sich auf diese Weise die Erfolge erklären, welche die Durchschneidung des n. splanchnicus begleiten. Dieser Nerv enthält bekanntlich ebensowohl die Motoren der Nierenarterie als auch die eines Theiles der Darmarterien. In Folge einer Lähmung dieser letzteren pflegt sich nach Durchschneidung des Nerven eine Verminderung des Blutdruckes in der Aorta einzustellen. Bei Kaninchen ist dieses Absinken des Druckes sehr viel bedeutender als bei Hunden. Sieht man z. B. die Zahlen durch, welche *Asp* *) aus einer umfänglichen Versuchsreihe an Hunden gewonnen hat, so findet man, dass der

*) Bericht über die Arbeiten des physiol. Instituts zu Leipzig 1867

Druck, welcher bei verschiedenen Thieren vor der Durchschneidung 165 bis 104 Mm. Hg. betrug, nach der Durchschneidung auf 103 bis 79 Mm. Hg. herabging; demnach bleibt ein Druck bestehen, der auch nach anderen Erfahrungen noch als durchaus genügend für die Erhaltung einer raschen Harnabsonderung anzusehen ist. Hiemit stimmen nun auch die Thatsachen, welche *Eckhard**) und *Knoll***) nach Durchschneidung der Splanchnici erhalten haben. Die Durchschneidung des genannten Nerven vermehrt nämlich in der Regel bei Hunden die Harnabsonderung, die Zunahme ist jedoch nach ihrem absoluten und relativen Werthe eine sehr veränderliche. Und wenn *Eckhard* findet, dass die Zunahme der Harnabsonderung nach Durchschneidung des genannten Nerven beim Kaninchen eine viel weniger ausgesprochene ist, so erklärt sich dieses im Sinne der Druckhypothese daraus, dass bei diesem Thier die genannte Operation für den arteriellen Blutdruck eine viel eingreifendere ist.

Im ähnlichen Sinne, wie die Durchschneidung des n. splanchnicus, wirkt auch diejenige des Rückenmarks, vorausgesetzt, dass sie im unteren Theile der Halswirbelsäule ausgeführt wird. Der Unterschied der beiden Operationsweisen besteht jedoch darin, dass mit der Durchschneidung des Rückenmarks ausser den Gefässnerven der Nieren und eines Theiles der Gedärme zugleich diejenigen der Haut und sämmtlicher Baucheingeweide gelähmt werden. Der grösseren Ausbreitung des gelähmten Bezirks entsprechend sinkt denn auch der Blutdruck viel tiefer. In den Beobachtungen von *Asp* stieg er nach der Durchschneidung des Halsmarkes zum Mindesten bis auf 50 Mm. herab, und häufig sank er noch weit tiefer. In meinen eigenen Beobachtungen habe ich ihn nach dieser Operation bis auf 18 Mm. herabkommen sehen, ein Werth, bei welchem die operirten Thiere in Verlauf einer Stunde oder noch früher abstarben.

Eckhard beobachtete, dass nach der Durchschneidung des Rückenmarkes innerhalb der letzten Hals- und der ersten Brustwirbel die Harnabsonderung stundenlang beziehungsweise bis zum Tode des Thiers ausblieb, eine Erfahrung, die sich auch in meinen Versuchen bestätigte, vorausgesetzt, dass unmittelbar vor der Durchschneidung keine sehr lebhafte Harnabsonderung be-

---

*) *C. Eckhard*, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie, IV. Bd. 175.
**) *Eckhard*, Beiträge etc. VI. Bd. 42.

standen hat, und weiter vorausgesetzt, dass man die Harnmenge vernachlässigt, welche in den ersten Minuten nach der Rückenmarkdurchschneidung ausfliesst. Da diese noch auf Rechnung der Rückenmarkreizung geschoben werden kann, welche durch den Schnitt herbeigeführt wurde, so könnte man geneigt sein, den Grenzwerth des Druckes, bei welchem in der Hundeniere noch Harn abgesondert wird, auf etwa 50 Mm. Hg. zu setzen.

Bekanntermassen übt jedoch ausser dem Drucke noch ein anderer Umstand einen grossen Einfluss auf die Menge des abgesonderten Harnes, nämlich der Gehalt des Blutes an solchen Stoffen, welche wie der Harnstoff, der Zucker und das Kochsalz leicht in den Harn übergehen. Bevor ich mich also entschloss, den Grenzwerth des harntreibenden Druckes zu 50 Mm. Hg. festgestellt anzusehen, hielt ich es für räthlich, die Harnabsonderung bei Thieren zu beobachten, denen nach der Durchschneidung des Rückenmarks eine Lösung von Harnstoff oder Kochsalz oder von beiden Stoffen gleichzeitig in die Jugularvene eingespritzt war.

Das Ergebniss dieser Versuchsreihe gebe ich ausführlich wieder, weil es nach verschiedenen Richtungen hin wichtig sein dürfte. Bei der Ausführlichkeit der Ueberschriften der Columnen in der folgenden Tabelle wird zum Verständniss derselben nur weniges beizufügen sein. Die Einspritzung des Kochsalzes und des Harnstoffs geschah durch die vena jugularis, beide Lösungen waren möglichst concentrirt genommen, um die Wirkungen der genannten Stoffe im Gegensatz zu denen des Wassers recht scharf hervortreten zu lassen. Eine concentrirte Harnstofflösung zerstört aber die rothen Blutscheiben; um dieses zu vermeiden, wurde durch ein allmäliges Einspritzen die gewünschte Menge beigebracht; ich habe, weil ich so verfuhr, nur in einem einzigen Falle (im sechsten der folgenden Tabelle) Erscheinungen gesehen, die auf eine Lösung der Scheiben schliessen liessen; in diesem enthielt der Harn etwas weniges Eiweiss und zeigte, nachdem er mit Luft geschüttelt war, vor dem Spectralapparat die Streifen des Oxyhaemoglobin. — Um den in Folge der Markdurchschneidung abgesunkenen Blutdruck wieder emporzubringen, habe ich an zwei Thieren die Aorta unterhalb der Nierenarterie unterbunden. Nachdem ich mich jedoch überzeugt hatte, dass hierdurch der beabsichtigte Erfolg gar nicht oder nur sehr vorübergehend erreicht wurde, unterliess ich dieses späterhin.

Versuchs-Nummer	Variation des Versuches	Dauer der Harnsammlung	In 10 Minuten abgesondert Harn Cbc.	Harnstoff Gr.	NaCl Gr.	Proc.-Gehalt des Harns an Harnstoff	Mittl. Blutdruck in d. car. während des Aufsamm.
1.	Curarevergiftung	67 Min.	0.00	0.00	0.00	—	84 mm. Hg
	Nieren-Nerven durchs. NaCl eingespr. 3 Gr.	40 »	0.85	—	0.011	—	49 » »
	Halsmark durchschn. NaCl 4 Gr.	70 »	0.30	—	0.002	—	46, später 95 mm. Hg
	Aorta unter d. Niere unterbunden	55 »	0.91	—	0.008	—	42 » »
2.	Curarevergiftung, Halsmark durchschnitten	20 »	0.00	0.00	0.00	—	51 » »
	Harnstoff 5 Gr. u. NaCl 2 Gr. eingespritzt	70 »	0.150	—	—	—	70 » »
	NaCl 4 Gr. eingespritzt	?	0.100	—	—	—	54 » »
	» » »	?	0.00	0.00	0.00	—	84 » »
3.	Rückenmark durchschnitten	35 Kurz nach Durchschndg. noch Harn 3.2 Cbc. später nichts mehr				—	45 » »
	NaCl-Einspritzung 6 Gr.	65 Min.	1.08	0.011	0.008	1.03	40 » »
	Aorta unterbunden	50 »	0.80			—	51, später 46 mm. Hg
4.	Halsmark durchschn.	125 »	0.00	0.00	0.00	—	52 » »
	NaCl-Einspritzung 4 Gr.	70 »	0.89	—	0.027	3.03	48 » »
5.	Hals u. beide Vagi durchschnitten	65 »	0.26	0.002		0.71	51 u. 47
Links	Dasselbe	» »	0.25	0.002		0.75	
Rechts	Harnstoff eingespr. 5 Gr.	45 »	3.07	0.078	0.016	2.54	74 mm. Hg
Links	» » »	» »	3.66	0.084	0.011	2.63	—
Rechts	Harnstoff eingespr. 5 Gr.	35 »	3.20	0.072	0.009	2.27	—
Links	in 30 Cbc. Wasser	» »	3.51	0.049	0.008	1.41	—
6.							
Rechts	Unverletzt	45 »	0.36	0.014	—	3.80	141
Links	»	» »	0.31	0.012	—	3.89	—
Rechts	Harnstoff eingespr. 3 Gr.	25 »	1.48	0.033		2.25	164
Links	» » »	» »	0.80	0.020	—	2.40	—
Rechts	Halsmark durchschn.	51 »	0.59	0.040	—	6.80	94 *)
Links	» »	» »	1.37	0.122	—	8.62	68 u. 55 **)
Rechts	Harnstoff eingespr. 4 Gr.	87 »	2.95	0.079	—	2.29	83 mm. Hg
Links	» » »	» »	2.97	0.169	—	5.49	—
Rechts	Harnstoff 3 Gr. mit 12 Cbc. HO	15 »	4.93	0.182	—	3.71	58 mm. Hg
Links			5.20	0.138	—	2.53	—

*) Anfangs 91 mm. Druck mit 1.0 Harn und je 10 m.
**) 68 und 55 mm. Druck mit 1.76 Harn und 10 auf der linken Seite.

Versuchs-Nummer	Variation des Versuches	Dauer der Harn-sammlung	In 10 Minuten abgesondert			Proc.-Gehalt des Harns an Harnstoff	Mittl. Blutdruck in d. car. während des Aufsamm.
			Harn Cbc.	Harnstoff Gr.	NaCl Gr.		
7.	Halsmark durchschn.	35	0.00	0.00	—	—	19 mm. Hg
	Harnstoff 8 Gr. eingespr.	20	0.00	0.00	—	—	21 » »
	» » »	10	1 Tropfen Harn				21 alsbald todt
8.							
Rechts	Unverletzt	80	0.45	0.017	—	3.89	112 mmHg
Links	»	»	0.25	0.010	—	3.95	—
Rechts	Halsmark durchschn.	65	anfangs ein Paar Tropf.			—	30 —
Links	» »	»	anf. 0.184	0.006	sp. 0.0	—	—
	Harnstoffeinspritzung		Beiderseits kein Harn			—	30 —

Wir wollen uns, ehe wir auf die Absonderungserscheinungen eingehen, mit dem Erfolge beschäftigen, welcher nach der Einspritzung des Harnstoffs und des Kochsalzes im Blutstrom hervortritt. Nach jeder ersten Einspritzung des Harnstoffes steigt der Blutdruck um etwa 20 bis 25 Mm. empor, gleichgiltig, ob das Rückenmark erhalten oder durchschnitten wird. Dieses Anwachsen des Druckes kann entweder durch eine Reizung der muskulösen Gefässwände oder durch eine Vergrösserung der Reibung erklärt werden, welche letztere namentlich den an ihrer Oberfläche veränderten Blutscheiben zugeschrieben werden könnte. Die erste der beiden Alternativen dürfte darum als die wahrscheinlichere betrachtet werden, weil die Druckerhöhung eine vorübergehende ist und weil sie nach einer zweiten Injection von Harnstoff ausbleibt, nachdem dieselbe durch eine erste hervorgerufen war. — Eine ähnliche Nebenwirkung, wie sie dem Harnstoff zukommt, zeigt das Kochsalz nicht. Der vor dem Einspritzen vorhandene Blutdruck wird durch das letztere nicht alterirt.

Gehen wir nun zur Betrachtung der Harnabsonderung selbst über, so sehen wir zunächst, dass die nach der Durchschneidung des Halsmarkes verminderte oder gänzlich aufgehobene Harnabsonderung nach der Einverleibung einer merklichen Kochsalz- oder Harnstoffmenge wieder beschleunigt oder von Neuem hervorgerufen wird.

Diese Thatsache beleuchtet abgesehen von anderen später

zu besprechenden Fragen die Hypothese, welche *Eckhard**) in einer Reihe von Abhandlungen vertheidigt hat. Gestützt auf seine mit grosser Sorgfalt und Ausdauer geführte Untersuchung glaubt sich der genannte Gelehrte dahin aussprechen zu dürfen, dass das Erscheinen und Verschwinden der Harnabsonderung von der Erregung zweier Nervengattungen, eines anregenden und eines hemmenden abhänge. Die Beweisführung beruht insofern ich sie recht verstanden auf den folgenden Thatsachen und Schlüssen. — 1. Ein Stich in den Boden der Rautengrube an der von *Cl. Bernard* bezeichneten Stelle und ebenso eine mechanische Reizung des obersten sympathischen Brustganglions erzeugen unter eigenthümlichen Erscheinungen eine vermehrte Harnabsonderung. — 2. Die Harnabsonderung stockt vollkommen, wenn man das Rückenmark im siebenten Halswirbel oder oberhalb desselben durchschneidet. Diese beiden Erfahrungen lassen, so meint *Eckhard*, verschiedene Erklärungen zu. Zunächst könnte man daran denken, dass die Harnabsonderung nach der Durchschneidung des Halsmarkes desshalb aufhöre, weil durch sie der Blutdruck beträchtlich herabgesetzt werde. Diese Deutung hält er jedoch darum für unzureichend, weil die Durchschneidung des n. splanchnicus, welche doch ebenfalls den Blutdruck beträchtlich herabsetzt, die Harnabsonderung beschleunigt. — Nächstdem könnte die Vermehrung des Harnflusses, welche nach dem Stich in die Rautengrube beobachtet wird, aufgefasst werden als die Folge eines allgemeinen Körperzustandes, durch welchen u. a. harntreibende Stoffe der Niere zugeführt würden, oder wie sonst. Bei dieser Annahme erscheint es *Eckhard* jedoch unerklärlich, warum nach der einseitigen Ausführung des Zuckerstiches die Harnabsonderung nicht gleichmässig auf beiden Nieren, sondern vorzugsweise nur auf derjenigen der verletzten Seite beschleunigt wird. — Reicht aber, wie *Eckhard* meint, die Verminderung des Blutdrucks und die Annahme von der Entstehung eines neuen Körperzustandes nicht aus, um die unter 1. und 2. angeführten Thatsachen zu erklären, so bleibe nichts Anderes übrig, als dass durch irgend welche Nervenbahnen die im Gehirn entstandene Erregung in die Niere getragen werde und dort die Harnabsonderung veranlasse. Mit diesem Erklärungsversuch lassen

*) Beiträge zur Anatomie u. Physiologie, IV. V. u. VI. Bd.

sich denn auch noch die besonderen Erscheinungen in Uebereinstimmung bringen, welche auf den Zuckerstich zu folgen pflegen, namentlich aber die, dass unmittelbar nach der genannten Operation eine Periode stockender oder mindestens verlangsamter Harnsecretion eintrete, aus welcher sich erst allmählich an- und dann auch wieder absteigend eine Polyurie entwickle. In diesem Gang der Erscheinungen spiegele sich der Verlauf einer hemmenden und einer anregenden Nervenreizung wieder. — 3) Die schon öfter erwähnte Erscheinung, dass die Durchschneidung des n. splanchnicus eine Polyurie hervorrufe, deutet *Eckhard* dahin, dass dieser ein Hemmungsnerv für die absondernde Thätigkeit der Niere sei; ausser diesem müsse es aber noch einen zweiten Hemmungsnerven geben, denn die auf den Zuckerstich folgende Periode der Harnstockung bleibt nicht aus, auch wenn der Splanchnicus vorher durchschnitten war, und andererseits gestaltet sich auch der zeitliche Ablauf der vermehrten Harnabsonderung wesentlich verschieden, je nachdem der Zuckerstich oder die Durchschneidung des n. splanchnicus ausgeführt war. — Alle Versuche jedoch, welche *Eckhard* unternahm, um einen Nerven ausserhalb des verlängerten Marks und des ersten Brustganglions zu finden, durch dessen Reizung eine beschleunigte Harnabsonderung erzeugt werden könnte, schlugen fehl, obwohl mit seltener Ausdauer nach einem solchen gesucht wurde. Dagegen gelang es *Eckhard* wiederholt, durch Reizung des peripherischen Rückenmarkstumpfes, namentlich wenn diese eine sogenannte mechanische war, oder wenn vorher die n. splanchnici durchschnitten worden, die aufgehobene Harnabsonderung wieder in den Fluss zu bringen.

Diesen Ausführungen von *Eckhard* treten meine Erfahrungen von zwei Seiten her entgegen. Zunächst ist, wie ich schon oben erwähnte, die Behauptung nicht haltbar, dass die Durchschneidungen der n. splanchnici und die des Halsmarkes für den Blutdruck von gleicher Bedeutung seien. Um aber auch noch meinerseits einen Beitrag zu dem zu liefern, was schon von *Asp* festgestellt war, bestimmte ich an einem Hunde den Blutdruck in der art. carotis; ich fand ihn gleich 154 Mm. Hg.; darauf durchschnitt ich den linken n. splanchnicus und setzte in den Ureter derselben Seite ein Röhrchen. Der wiederholt bestimmte Mitteldruck des Carotidenblutes schwankte nun zwischen 92 und 101 Mm. Hg. Unmittelbar nach der Durchschnei-

dung des n. splanchnicus floss der Harn langsam ab, so dass etwa zwei Stunden hindurch für je 10 Minuten nur 0,5 Cbc. Harn erschien, allmählich aber beschleunigte sich die Harnabsonderung auf den beträchtlichen Werth von 3 Cbc. auf je 10 Minuten. Als nun auch das Halsmark durchschnitten wurde, sank der Blutdruck auf 48 Mm. herab und gleichzeitig verschwand die vorher so bedeutende Absonderung und sie erschien auch während einer mehrstündigen Beobachtung nicht wieder. Man sieht hieraus, dass diese Beobachtung mit den Erfahrungen, keineswegs aber mit den Deutungen übereinstimmt, welche *Eckhard* ähnlichen Versuchen gegeben hat.

Nicht anders verhält es sich mit den Beobachtungen, welche in der auf pag. 443 vorgelegten Tabelle enthalten sind. Man erkennt aus ihnen, dass auch noch nach der Durchschneidung des Rückenmarkes die Harnabsonderung in einem sehr lebhaften Grade fortdauern kann, denn es kommen in ihr Fälle vor, in welchen nach dieser Operation 5 Cbc. Harn für je 10 Minuten von einer Niere abgeschieden wurden. Wollte man also mit *Eckhard* annehmen, dass die absondernde Thätigkeit der Niere unter den unmittelbaren Einfluss eines erregten Nerven gestellt sei, so müsste man zum Mindesten zugestehen, dass die Niere automatische vom Gehirn oder Rückenmark unabhängige Nerven enthalte, ein Satz, gegen welchen sich *Eckhard* *) ausdrücklich verwahrt. **)

Man wird aber ohne mit den Thatsachen in Widerspruch zu gerathen, auch noch einen Schritt weiter gehend behaupten dürfen, dass die absondernde Thätigkeit der Niere überhaupt nicht in der Weise von der Nervenerregung abhängig sei, wie dieses bei den Speicheldrüsen der Fall ist. Nach welcher Richtung hin man den Vergleich beider Drüsen beziehungsweise ihre

---

*) l. c. V. Bd. 169 ff.

**) In der pathologischen Litteratur dürften unzweifelhaft Fälle verzeichnet sein, welche für den Menschen dasselbe beweisen, was meine Versuche für den Hund dargethan haben. Degenerationen und Zerschmetterungen in den oberen Theilen des Brust- und den unteren Theilen des Halsmarkes pflegen nicht nothwendig unmittelbar tödtlich zu sein und somit ist Gelegenheit geboten, die Harnabsonderung zu beobachten. In der That finde ich in *Gurlt's* Handbuch von den Knochenbrüchen II. 1. pag. 78, dass nach Wirbel- und Rückenmarkverletzung die Secretion des Urins in den Nieren in der für die Verletzung zunächst folgenden Zeit bisweilen zwar merklich herabgesetzt ist, dass sie aber niemals unterbrochen wird.

Secrete auch vornehmen mag, immer findet sich ein durchschlagender Unterschied, um nicht zu sagen, ein Gegensatz. Desshalb dürfte es kaum zu bezweifeln sein, dass die bedeutungsvollen Thatsachen, welche *Eckhard* bei seinen Lähmungs- und Reizungsversuchen entdeckt hat, in einer mittelbaren Einwirkung des Nervensystems auf die Harnabsonderung z. B. durch den Blutstrom oder den Stoffwechsel ihre Erklärung finden.

In welcher Beziehung steht nun aber der Inhalt der auf pag. 443 vorgelegten Thatsachen zur Druckhypothese? Auf den ersten Blick scheint es, als ob die dort gegebenen Zahlen in keinen Einklang mit derselben zu bringen seien. Unter den dort niedergelegten Beobachtungen ist die sechste am bemerkenswerthesten. Vor der Durchschneidung des Halsmarkes und nach der Injection von drei Gramm Harnstoff war der Blutdruck 164 Mm. Hg. und die auf 10 Minuten berechnete mittlere Harnmenge beider Nieren betrug 1.14 Cbc. Harn mit 0.026 Gramm Harnstoff. Nach Durchschneidung des Halsmarkes schwankte der Druck zwischen 91 und 55 Mm. und das Mittel der Absonderung aus beiden Nieren betrug 0.88 Cbc. Harn mit 0.081 Gramm Harnstoff und später, als zu verschiedenen Zeiten noch 7 Gramm Harnstoff eingespritzt waren, war der Blutdruck constant auf 58 Mm. herabgegangen, während das Mittel der Harnabsonderung aus beiden Nieren 5,1 Cbc. mit 0.157 Gramm Harnstoff betrug. Dieser Fall belehrt uns also, dass trotz eines stetigen Absinkens der Blutdrücke die Harn- und Harnstoffmenge in einem fortwährenden Steigen begriffen sein kann und zwar nicht blos, wenn man die Niere in dem unversehrten und gelähmten Zustande ihrer Nerven vergleicht, sondern auch, wenn man die Beobachtungen mit gelähmten Nerven einander gegenüber stellt.

Bei weiterer Ueberlegung lässt sich jedoch auch die eben besprochene und die ihr ähnlichen Beobachtungen mit der Annahme in Einklang bringen, dass der Druckunterschied zwischen Blut und Harn für die Absonderung der letzteren von durchschlagender Bedeutung sei. Die nächste Aufforderung zu diesem Unternehmen ist schon durch die wiederholt bestätigte Beobachtungsweise von *Max Herrman* gegeben. Nach ihr ist es gar keinem Zweifel unterworfen, dass bei annähernd gleichem Gehalt des Blutes an harnfähigen Stoffen die Abscheidung des Harns mit dem steigenden Unterschiede der oftgenannten Drücke im Wachsen begriffen sei. Warum soll also dieses Abhängig-

keitsverhältniss bei meinen Versuchen ein anderes geworden sein? Zudem scheint es, dass man auch um so mehr berechtigt sei, die Bedeutung des Druckes in den vorliegenden Beobachtungen zu betonen, als ausnahmslos die Harnabsonderung verschwindet oder auf eine unmessbare Menge herabsinkt, wenn der Blutdruck unter die allerdings geringe Höhe von 40 Mm. Hg. heruntergeht. Hierfür berufe ich mich auf die Beobachtung 2, 7 und 8 der vorgelegten Reihe.

Allerdings muss nach diesen Versuchen die Druckhypothese einen Zusatz erfahren, den nämlich, dass die Wirksamkeit des Druckes in einer Abhängigkeit stehe von dem Gehalte des Blutes an harnfähigen Stoffen und zwar in der Art, dass eine gegebene Differenz der Spannungen erst bei einem bestimmten Gehalte des Blutes an Harnbestandtheilen wirkungsfähig werden, beziehungsweise um so mehr Harn liefern könne, je grösser die Anhäufung der Harnbestandtheile im Blute geworden sei. Es dürfte ein lohnendes und wie ich glaube nicht unausführbares Unternehmen sein, die Abhängigkeit der beiden Grössen einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen.

Die Ursache, wesshalb ein grösserer Gehalt des Blutes an Kochsalz, Harnstoff u. s. w. die Wirksamkeit der zur Verfügung stehenden Druckdifferenz erhöht, kann entweder darin gefunden werden, dass der aus den glomerulis abgesonderte Harn auf seinem Wege durch die Harnkanälchen noch weitere Veränderungen erleidet, oder darin, dass die Durchgängigkeit der Häute, welche die glomeruli umgeben, sich ändert, je nachdem in der Blutflüssigkeit mehr oder weniger Harnbestandtheile enthalten sind, wahrscheinlich ist es sogar, dass die beiden angeführten Gründe bei dem Zustandekommen der Erscheinung betheiligt sind. Spätere Untersuchungen müssen hierüber entscheiden.

II. Ueber das Verhältniss der Geschwindigkeit, mit welcher der Harnstoff, die Chlorverbindungen und das Wasser insbesondere während des Höhestadiums der Curarevergiftung abgesondert werden.

Bei einer Vergleichung zweier Harnproben, die von derselben Niere zu verschiedenen Zeiten abgesondert sind, findet man in der Regel, dass weder die Menge, welche von jedem einzelnen der obengenannten Stoffe in der Zeiteinheit abgeschieden wurde, sich unverändert gehalten hat, noch auch dass dieses mit

dem Verhältniss, in welchem sie abgesondert wurden, der Fall war. Die folgenden Mittheilungen sollen einen Beitrag liefern zur Erkenntniss der Bedingungen, von welchen die erwähnten Variationen abhängig sind.

Nach den bis dahin bekannt gewordenen Erfahrungen ändert sich die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers, des Harnstoffs und des Kochsalzes 1) mit dem Drucke in den Arterien, 2) mit der Durchschneidung der Nierennerven, 3) mit den Widerständen, welche dem Abfluss des Harns aus dem Ureter entgegentreten, 4) mit dem Gehalt des Blutes an Stoffen, die in den Harn übergehen können. Ich füge hinzu 5) mit der Anwendung des Curare.

Der Versuch, welcher die Wirkung einer jeden einzelnen der genannten Variablen ermitteln will, hat begreiflich mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen, weil er verlangt, dass alle übrigen an der Harnabsonderung betheiligten Bedingungen unverändert erhalten werden, während nur eine derselben nach Belieben, aber messbar variirt werden soll. Die aus diesem Verlangen fliessenden meist unüberwindlichen Schwierigkeiten mögen ebensowohl daran Schuld sein, wie auch andererseits der Mangel an einer scharfen Stellung der Frage, warum bisher nur wenige Beobachtungen so angestellt worden sind, dass aus ihnen ein für unsere Zwecke brauchbarer Schluss gezogen werden kann. Das Wenige, das wir wissen, dürfte sich, soweit mir bekannt, auf das Folgende beschränken:

1. Wenn der Druck des zur Niere fliessenden Blutes abnimmt, so vermindert sich auch die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers und des Harnstoffes. Das Verhältniss, in welchem sich bei abnehmender Absonderungsgeschwindigkeit des Gesammtharns die beiden Stoffe zu einander stellen, ist abhängig von dem Harnstoffreichthum des ursprünglichen mit grösster Geschwindigkeit abgeschiedenen Harnes. Ist dieser letztere sehr harnstoffreich (z. B. von 8—13 p. c.), so nimmt bei dem genannten Verhalten des Druckes in der Arterie die Absonderungsgeschwindigkeit des Harnstoffs rascher ab, als die des Wassers; ist dagegen der Harn weniger reich an Harnstoff (von 2—5 p. c.), so nimmt mit dem absinkenden Druck die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers mehr ab als die des Harnstoffs. Dieser Satz ist aus den Beobachtungen von *Max Herrmann* abgeleitet, in welchen die Zusammensetzung von Harnproben be-

stimmt wurden, die während einer steigenden Verengerung der Nierenarterie abgeschieden waren. Die von *Herrmann* beobachteten Aenderungen des Harns sind um so gewisser von der Verengerung des Strombettes abzuleiten, theils weil sie mit der letztern erschienen und verschwanden, und theils weil der gleichzeitig aufgefangene Harn der anderen Seite keine Veränderung in seiner Zusammensetzung darbot. — Aus den wenigen Bestimmungen des Chlors, welche in den eben angeführten Versuchen gleichfalls vorgenommen wurden, ergibt sich, dass mit dem sinkenden Druck auch die Absonderung des Chlors vermindert wird; über das Verhältniss, in welchem dieses zu den anderen Bestandtheilen geschieht, geben die Versuche eine mehrdeutige und desshalb zweifelhafte Auskunft.

2. Die Durchschneidung der Nierennerven beziehungsweise die des n. splanchnicus vermehrt häufig die Absonderungsgeschwindigkeit des Gesammtharns; tritt diese Vermehrung ein, so wächst die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers viel beträchtlicher an als die des Harnstoffs, in Folge dessen der Procentgehalt des Harnstoffs sehr bedeutend abzunehmen pflegt. Dieses geht hervor aus den Versuchen von *Max Herrmann* und *Knoll*. Selbstverständlich müssen die Beobachtungen unbeachtet bleiben, in welchen nach der Nervendurchschneidung im Harne Eiweiss auftrat, weil dieses Vorkommen die Zusammensetzung des Harns an und für sich zu ändern pflegt.

3. Wenn die Widerstände, welche in den Ureter eingesetzt werden, so beträchtlich genommen wurden, dass die Absonderung des Gesammtharns nur noch sehr spärlich erfolgte, so sank die Abscheidung aller Harnbestandtheile, die des Harnstoffs aber sehr viel bedeutender als die des Wassers. Dieses für den Harnstoff ungünstige Verhältniss stellte sich auch ein, wenn der ohne Widerstand ausfliessende Harn einen Gehalt an Harnstoff von 3 Procent darbot. Hieraus geht hervor, dass die Art des Eingriffs, durch welche die Verlangsamung der Gesammtabsonderung erzielt wird, keineswegs gleichgiltig ist für die Zusammensetzung des Harns. Denn wir sahen, dass, wenn die Absonderung eines mässig harnstoffreichen Harns durch die Arterienverengerung herabgesetzt wird, dass dann ein Harn mit grösserm Harnstoffgehalt abgeschieden wurde. Jedenfalls ist es sehr wünschenswerth, dass dieser nur aus wenigen Beobachtungen abgeleitete Satz durch weitere Versuche geprüft werde.

4. Der Gehalt des Blutes an solchen Stoffen, welche in den Harn übergehen, ist, wie schon länger bekannt, für die Geschwindigkeit der Harnabsonderung von der allergrössten Bedeutung. Um zu einem Verständniss der harntreibenden Wirkung der wesentlichsten Harnbestandtheile zu gelangen, dürfte nur die Methode anzuwenden sein, welche *C. Voit**) benutzt hat. Sie besteht darin, dass man mit Ausnahme des einen zu prüfenden Stoffes alle übrigen Bestandtheile der Nahrung nach Art und Menge möglichst unverändert erhält. Nur bei dieser Vorsichtsmassregel kann man hoffen, Aufschluss über die Wirkung des einen in veränderlicher Menge gereichten Nahrungsstoffes zu erhalten. Nach diesem Plane hat *C. Voit* eine Versuchsreihe mit Kochsalze ausgeführt; dem Hunde wurden während einer Beobachtungsdauer von 16 Tagen täglich 1.5 Kilo Fleisch von möglichst gleicher Beschaffenheit verabreicht und diesem entweder gar keins oder 5 oder 10 oder 20 Gramm Kochsalz täglich zugesetzt. Aus der Zusammenstellung der Beobachtungen ergibt sich Folgendes: **)

Eingenommenes Salz in Gramm	Wasser des Harns in Gramm	Differenz des Wassers in Grm.	Wasservermehrung des Harns für 1 Gramm Kochsalz
0,0	828	—	—
5,0	898	70	14,0
10,0	987	159	15,9
20,0	1124	296	14,8

Berechnet man aus der Tabelle, welche dem Werke *Voit's* beigegeben ist, den Procentgehalt des Harns an Kochsalz, so findet man denselben

Eingenommenes Salz in Grm.	Wasser des Harns in Grm.	Kochsalz des Harns in Grm.	Procentgehalt des Harns an Kochsalz
0,0	840	1,0	0,12
5,0	909	6,5	0,72
10,0	987	11,7	1,22
20,0	1131	21,9	1,93

*) Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes etc. auf den Stoffwechsel. München 1860.

**) Für denjenigen Leser, welcher die vorstehenden Zahlen mit denen des Originals vergleicht, bemerke ich, dass die Tabelle auf pag. 63 des *Voit*'schen Werkes einen Druckfehler enthält, indem die Eingänge derselben »mit und ohne Wasseraufnahme« gerade umgekehrt gesetzt sind.

Zu dieser letzteren Zusammenstellung gehört die Bemerkung, dass jede einzelne Zahl das Mittel aus nur drei, nicht aber, wie in der vorhergehenden das Mittel aus je vier Beobachtungen ist. Diese etwas veränderte Berechnung scheint desshalb den Vorzug zu verdienen, weil der erste Tag einer neuen Kochsalzgabe als Uebergangsstadium von einer Kochsalzdiät in eine andere aus bekannten Gründen mit Unregelmässigkeiten behaftet ist.

Aus den beiden vorgeführten Zusammenstellungen ergibt sich, dass, wenn bei sonst unveränderter flüssiger und fester Nahrung die verfütterte Kochsalzmenge vermehrt wird, 1) die Abscheidung des Gesammtharns wächst, 2) dass die Abscheidung des Kochsalzes rascher steigt als die des Wassers, so dass der Procentgehalt des Harns an Kochsalz zunimmt, 3) für je ein Gramm mehr des ausgeschiedenen Kochsalzes wird ein sehr annähernd gleiches Gewicht an Wasser (nämlich zwischen 14 und 16 Gramm) abgesondert.

Das letzte dieser drei Ergebnisse, welches beiläufig gesagt von *Voit* nicht hervorgehoben worden ist, würde, wenn es sich verallgemeinern liesse, von einer fundamentalen Bedeutung für die Theorie der Harnabsonderung werden müssen.

Um zu prüfen, ob sich für den Harnstoff ein entsprechendes Verhalten herausstellt, wird man der methodischen Regel gemäss genöthigt sein, den Thieren Harnstoff einzugeben. Indem ich mir eine nach diesem Plane auszuführende Versuchsreihe für die nächste Zukunft vorbehalte, bemerke ich nur, dass die Einverleibung des Harnstoffs nicht unmittelbar in die Venen wenigstens nicht in grösseren Dosen geschehen darf, weil hierdurch zugleich ein anderer für die Harnabsonderung wichtiger Factor geändert wird, nämlich der Blutdruck, wie schon auf pag. 444 vermerkt wurde. Diesem Umstande mag es zuzuschreiben sein, dass ich in zwei Versuchen, in welchen ich in die Jugularvene gesunder Hunde eine concentrirte Harnstofflösung einspritzte, theilweise entgegengesetzte Resultate erhielt. Damit ich mich später auf diese Fälle beziehen kann, setze ich sie hierher.

Versuchs-Nr.	Bemerkungen	Rechte Niere in 10 Min. abgesondert Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.	Linke Niere in 10 Min. abges. Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.
9	Unversehrtes Thier	0,64	0,034	5,17	0,97	0,58	5,18
	6 Grm. Harnstoff eingespritzt	2,16	0,134	6,25	2,07	0,127	6,18
10	Unversehrtes Thier	0,36	0,014	3,80	0,34	0,012	3,80
	3 Grm. Harnstoff eingespritzt	1,48	0,033	2,25	0,80	0,020	2,40

Die Zahlen des zweiten Versuches sind in dieser Abhandlung schon einmal auf pag. 443 in der Beobachtung 6 vorgeführt; dort wurde auch schon angemerkt, dass der Blutdruck durch die Harnstoffeinspritzung von 141 auf 164 Mm. Hg. also um 23 Mm. emporgetrieben wurde.

Bei beiden Thieren ist die Abscheidung des Wassers und des Harnstoffs nach der Einspritzung der letzteren Verbindung erhöht. Das Verhältniss, in welchem die Absonderung der beiden Stoffe anwuchs, war jedoch durchaus verschieden, da bei dem ersten Thiere der Harnstoffgehalt des Harnes nach der Einspritzung des Harnstoffs zunahm, während er im zweiten Falle nach der Einführung des genannten Stoffes absank. Spätere Versuche müssen, wie schon gesagt, entscheiden, welches der beiden Ergebnisse der Einverleibung des Harnstoffs und welches eingetretenen Nebenumständen zuzuschreiben ist.

5. Die Absonderungsgeschwindigkeit des Harns im Höhestadium der Curarevergiftung.

Auf die Aenderungen, welche die Curarevergiftung in der Absonderung des Gesammtharns und insbesondere in dem Harnstoffgehalte desselben hervorruft, war ich zufällig bei einer aus anderen Absichten unternommenen Beobachtungsreihe gestossen. Der Gegensatz schien einer weiteren Verfolgung werth.

Aus früheren Mittheilungen von *Cl. Bernard*, *Pavy*, *Schiff*, *Winogradoff*, *Saikowsky* und *Eckhard**) ist bekannt, dass in

*) *Cl. Bernard*, Leçon de physiologie Tom. 1. 1854—55. p. 342. — *Schiff*, Journal de physiologie 1866. p. 358. — *Pavy*, on the nature and treatment

Folge der Curarevergiftung häufig Zucker im Harn erscheint. *Schiff* ist geneigt, das Erscheinen des Zuckers von einer mangelhaften Führung der künstlichen Respiration abzuleiten und *Eckhard* gibt an, dass die Zuckerausscheidung namentlich bei Hunden sehr vorübergehend sei. Obwohl ich selbst auf die Zuckerausscheidung nicht vorzugsweise geachtet habe, so bin ich doch öfter veranlasst gewesen, den Harn meiner Versuchsthiere auf seinen Zuckergehalt zu prüfen. Dieses ist, wie schon oben erwähnt, niemals mit einem positiven Erfolg geschehen. Meine Resultate schliessen sich demnach den von *Schiff* gewonnenen an, womit nicht gesagt sein soll, dass ich auch die von ihm aufgestellte Erklärung für erwiesen halte. Der Widerspruch zwischen *Cl. Bernard's* und *Eckhard's* Beobachtungen im Gegensatz zu meinen liegt möglicherweise in den verschiedenen von uns angewendeten Vergiftungsgraden und sonstigen Zuständen des Thiers; *Eckhard* untersuchte nur sehr schwach und ich vollständig vergiftete Thiere; *Cl. Bernard* in der Verdauung begriffene und ich nüchterne Hunde. — Ueber die Reichlichkeit der Harnabsonderung nach Curare gibt nur *Eckhard* Mittheilungen; ich habe sie schon früher pag. 434 erwähnt.

Bei der Beobachtung der Harnabsonderung während der Curarevergiftung springen sogleich zwei auffallende Thatsachen hervor. Die eine, dass die Harnabscheidung mit dem Eintritt der vollen Vergiftung entweder stockt oder zum Mindesten sich sehr verlangsamt; die andere, dass der Harnstoffgehalt in dem spärlicher abgesonderten Harne geringer wird, als er vor der Vergiftung gewesen.

Die Stockung des Harnabflusses könnte ihren Grund finden in der Veränderung des Druckes, unter welchem das Blut in der Aorta steht. Wir wissen, dass das Curare eine besondere Beziehung zu den reizbaren Stücken der Arterien besitzt, namentlich aber, dass es die Nieren und Muskeln der Arterien anhaltend zu reizen oder auch dauernd zu lähmen vermag, oder dass es wechselnd bald das eine und bald das andere hervorruft. Gestützt auf diese Erfahrungen könnte man jede Stockung der Harnabsonderung auf eine Lähmung der Gefässnerven, die durch

---

of diabetes. Lond. 1869. 160. — *Saikowsky*, Med. Centralblatt 1865. — *Winogradoff*, Virchow's Archiv XXIV. u. XXVII. Bd. — *Eckhard*, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie V. Bd. p. 163 u. VI. Bd. p. 19.

das Curare bewirkt worden, zurückführen wollen, weil diese letztere eine sehr beträchtliche Herabsetzung der Aortenspannung zur Folge hat. Die Beobachtung der einzelnen Fälle lässt jedoch alsbald das Unhaltbare dieser Annahme erkennen. Ich habe öfter den Druck in der arteria carotis bestimmt, während die Absonderung ein bis anderthalb Stunden hindurch vollkommen unterbrochen war und dabei in acht Versuchen sechsmal den Druck zwischen 66 und 139 Mm. schwanken sehen, während er in nur zwei Fällen zwischen 20 und 50 variirte. Nach den in der ersten Abtheilung dieser Abhandlung aufgeführten Thatsachen genügte also der Druck sechsmal unter acht Bestimmungen, um die Harnabsonderung im Gang zu erhalten. Gegen die Annahme, dass andere Male, wo die Anwendung des Manometers unterblieb, der geringe Druck in der Aorta die Ursache der Harnstockung sei, spricht ausserdem die wiederholt auftretende Erscheinung, dass die Harnabsonderung nur einseitig ausbleibt und ferner der Umstand, dass eine bisher unterdrückte Absonderung auflebt, wenn die Nerven der Niere durchschnitten sind, obwohl hierdurch keine Steigerung in der Aortenspannung herbeigeführt wird. — Demnach ist es nicht thunlich, in diesen und ähnlichen Fällen die stockende oder verminderte Harnabsonderung in dem Mangel des nöthigen Blutdruckes zu suchen.

Die zweite Folge der Curarevergiftung, die Abnahme der Harnstoffprocente, drückt sich durchweg sehr deutlich aus. Folgende Beispiele mögen den Grad derselben darlegen:

Nummer der Beobachtung	Bemerkungen	Beobachtungs-Dauer	Rechte Niere			Linke Niere		
			In 10 Min. abges.			In 10 Min. abges.		
			Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.	Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.
		Min.						
11	Unvergiftet	48	0,67	0,031	4,4	0,58	0,027	4,7
	Curarevergiftung . .	71	0,23	0,007	3,2	0,18	0,007	3,2
12	Unvergiftet	27	2,66	0,207	7,8	2,66	0,190	7,1
	Curarevergiftung . .	81	1,48	0,113	6,0	1,80	0,112	6,2
13	Unvergiftet	79	0,73	0,044	6,51	0,38	0,028	7,19
	Curarevergiftung . .	80	0,85	0,034	3,97	0,55	0,026	4,70

Auf welche Weise gelingt es nun dem Curare, so eingreifend auf die Harnabsonderung zu wirken? Fallen die Mittel, welche das Curare zur Aenderung der Harnabsonderung in Bewegung setzt, in den Kreis der bekannten, oder sind sie neue?

Eine erste Möglichkeit, um es zu erklären, warum der Harn und ganz vorzugsweise der Harnstoff in vermindertem Maasse abgesondert werden, liegt in der Annahme, dass das Blut während der Curarevergiftung an Harnstoff verarme. Diese Unterstellung gewinnt desshalb einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit, weil der Blutstrom und in Folge der Muskellähmung auch der Lymphstrom durch das Curare so wesentlich gestört werden. Wäre in der That das zur Niere gelangende Blut ungewöhnlich arm an Harnstoff, so könnte hieraus zwar die geschwächte Absonderung erklärbar werden, aber es würde hieraus noch nicht einleuchten, warum so unmittelbar nach dem Eintritt der Curarevergiftung die Absonderung zum vollkommenen Stillstand kommt, da es doch zum Mindesten unwahrscheinlich ist, dass der von früher her vorhandene Harnstoffvorrath des Blutes sich so rasch erschöpft. Immerhin erschien es nöthig, diese Hypothese zu beleuchten. Der kürzeste Weg hiezu war dadurch gegeben, dass man dem Blute künstlich Harnstoff zusetzte. Die Ausführung dieses Vorhabens geschah entweder so, dass zuerst dem unvergifteten Thier und dann dem vergifteten und zugleich mit einem Harnstoffzusatz versehenen Thier der Harn abgefangen ward, oder es wurde auch dem unvergifteten Thiere, bevor demselben Harn abgefangen war, eine Harnstofflösung eingespritzt. Nachdem dann die gewünschte Menge von Harn gewonnen, wurde mit Curare vergiftet und von Neuem eine Harnstoffquantität in das Blut gebracht, welche in jedem Fall beträchtlich grösser war, als diejenige, welche seit der ersten Harnstoffeinspritzung durch den Harn entleert worden. Das gewonnene Resultat gibt die nachstehende Zusammenstellung.

Nummer der Beobachtung	Bemerkungen	Beobachtungs-Dauer	Rechte Niere			Linke Niere		
			In 10 Min. abges.			In 10 Min. abges.		
			Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.	Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.
		Min.						
14	Unvergiftet.	27	—	—	—	2.66	0.190	7.1
	Curare und Harnstoff-einspritzung	65	—	—	—	0.77	0.054	6.9
15	Unvergiftet, Harnstoff 6 Grm. eingespritzt	135	0.77	0.040	5.27	0.79	0.043	5.44
	Curare und 1 Gramm Harnstoff	84	0.24	0.011	4.65	0.26	0.012	4.62
16	Unvergiftet u. 8 Grm. Harnstoff	131	—	—	—	3.17	0.211	6.66
	Curare, 2 Grm. Harnst.	64	—	—	—	2.34	0.068	2.94
17	Unverg., 4 Grm. Harnst. u. 1.5 Grm. Kochsalz	120	1.02	0.025	2.48	0.75	0.018	2.37
	Curare 2 Grm. Harnst. 0.75 Grm. Kochsalz	195	0.40	0.007	1.67	0.45	0.006	1.58
18	Unverg. 4 Grm. Harnstoff 1.5 Grm. Kochs.	105	1.43	0.057	4.00	0.88	0.035	3.98
	Curare 2 Grm. Harnst. 0.75 Grm. NaCl . .	170	0.60	0.014	2.26	0.69	0.015	2.11
19	Unverg. 4 Grm. Harnstoff 1.5 Grm. NaCl	60	1.83	0.056	3.06	1.70	0.052	3.07
	Curare 2 Grm. Harnst. 1.5 Grm. NaCl . . .	120	0.89	0.027	2.89	1.22	0.039	3.10
20	Unverg. 4 Grm. Harnstoff 1.5 Grm. NaCl	180	1.03	0.037	3.56	—	—	—
	Curare 4 Grm. Harnst. 1.5 Grm. NaCl . . .	169	0.50	0.010	2.00	—	—	—

Diese Versuchsreihe lässt auf das Deutlichste erkennen, dass die Nieren eines mit Curare vergifteten Thieres auch durch einen grösseren Harnstoffgehalt des Blutes in keine erhöhte Thätigkeit versetzt werden können; denn in allen Fällen mindert sich nach der Einspritzung des Curaré nicht blos der Gesammtharn, sondern es sinkt auch im Verhältniss zum Wasser die Ausscheidung des Harnstoffs ab und zwar zum Theil sehr beträchtlich.

Daraus folgt schon, wie mir scheint, unwiderleglich, dass wir auch das Sinken der Harnstoffabscheidung, welches wir früher

am curarisirten Thiere im Gegensatz zum unvergifteten fanden, nicht auf einen Mangel des Harnstoffs im Blute zu schieben haben, der durch die Vergiftung hervorgerufen sei. Das Verhältniss, in welches die Niere während der Curarevergiftung zum Harnstoff gestellt ist, wird noch klarer beleuchtet durch die folgenden Thatsachen, die ich gelegentlich bei einer, später zu besprechenden, Versuchsreihe gewonnen habe. Bei dieser wurden die auf den beiden Nieren abgeschiedenen Harnmengen aufgefangen, zuerst nachdem nur Curare und dann nachdem auch Harnstoff in das Blut gespritzt und die Nerven der einen Seite durchschnitten waren. Man erhielt demnach auf der einen Seite Harnmengen aus einer Niere, deren Nerven unversehrt geblieben und zwar eine Portion bei Curarevergiftung ohne Vermehrung des Harnstoffs im Blut und eine zweite Portion während der Curarevergiftung mit Vermehrung des Harnstoffs im Blute. Bei dieser Anordnung des Versuchs war zu erwarten, dass sich die Anwesenheit des Harnstoffs in ähnlicher Weise geltend mache, wie an unvergifteten Thieren, mit anderen Worten, dass sich die Menge des ausgeschiedenen Harns und insbesondere die des Harnstoffs mehren würde. Die folgenden Zahlen sind dieser Voraussetzung nicht gerade günstig.

Nummer der Beobachtung	Bemerkungen	Dauer der Beobachtung	Rechte Niere			Linke Niere		
			In 10 Min. abges.			In 10 Min. abges.		
			Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.	Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.
		Min.						
21	Curare	95	—	—	—	1.29	0.076	5.8
	Harnstoff eingespritzt	65	—	—	—	0.77	0.054	6.9
22	Curare	81	0.64	0.067	10.4	—	—	—
	Harnstoff 4.5 Grm. in 40 Cbc. HO	73	1.37	0.157	11.5	—	—	—
23	Curare	150	—	—	—	1.53	0.079	5.16
	Harnstoff 4.0 Grm. in 6 Cbc. HO	82	—	—	—	1.52	0.040	2.61
24	Curare	119	1.85	0.048	2.6	—	—	—
	Harnstoff 6 Grm. . .	80	1.13	0.028	2.5	—	—	—
25	Curare	80	0.85	0.034	3.97	—	—	—
	Harnstoff 6 Grm. . .	110	0.38	0.014	3.52	—	—	—

Unter diesen fünf Beobachtungen ist also in Folge der Harnstoffeinspritzung nur einmal das eingetreten, was nach Analogie des unvergifteten Zustandes zu erwarten war, die vermehrte Abscheidung von Wasser und Harnstoff; in den übrigen Fällen ist dann noch einmal die Abscheidung des Wassers der frühern gleichgeblieben, in den drei andern hat sie sich vermindert. Der Harnstoff ist dagegen nach der Einspritzung desselben viermal in geringerer Menge aufgetreten. Besondere Rücksicht verdient meiner Meinung nach die Beobachtung 23, in welcher die Harnstoffausscheidung gegen früher so bedeutend herabging, ohne dass ein gleiches mit dem Wasser geschehen war.

Diese Thatsachen weisen demnach eine bisher unbekannte Unabhängigkeit der Nierenarbeit von dem Harnstoffgehalt des Blutes nach. Trotzdem dass alle übrigen Bedingungen unverändert blieben, konnte doch durch den gesteigerten Reichthum des Blutes an Harnstoff keine vermehrte Absonderung desselben erzwungen werden. Da uns kein ähnliches Verhalten von der normalen Niere her bekannt ist, so werden wir dasselbe als eine specifische Folge des Curarismus ansehen dürfen. Zu den Mitteln, durch welche beim unvergifteten Thiere die Absonderung der Harnbestandtheile absolut und relativ geändert werden können, gehört nach den früheren Mittheilungen die Lähmung der Gefässnerven der Niere. Dieser Eingriff war also auch am curarisirten Thiere anzubringen und zwar empfahl sich dieses um so mehr, als thatsächlich feststeht, dass das Curare die centralen Enden der Gefässnerven sehr häufig wenigstens erregt und damit den Blutstrom in einzelnen Capillarbezirken verlangsamt.

Da während der folgenden Versuchsreihe in der Regel aus den beiden Ureteren der Harn aufgefangen wurde, aber nur die Nerven an einer Seite durchschnitten waren, so gewinnt man hiermit nicht blos Gelegenheit, die Absonderungserscheinungen vor und nach der Operation, sondern auch noch die zu vergleichen, welche zu derselben Zeit auf der operirten Seite vorhanden waren. Die folgenden Zahlen werden bei einer genauen Beachtung dessen, was an den Eingängen und Köpfen der Columnen geschrieben steht, verständlich sein. Die gleichnamigen Versuchsnummern 21, 22, 24 der folgenden und der früheren auf pag. 459 mitgetheilten Tabelle zeigen an, dass diese Versuche an demselben Thiere ausgeführt sind.

Aus einer Vergleichung der Harnvolumina, welche vor und

Nr. des Versuchs.	Bemerkungen.	Dauer der Beob.	N. m. durchs. N.			N. m. unvers. N.		
			In 10 M. abges.			In 10 M. abges.		
			Harn. Cbc.	Harn-stoff.	Proc. Geh.	Harn.	Harn-stoff.	Proc. Geh.
		Min.						
26	Curare	71	0.18	0.007	3.2	0.23	0.007	3.2
	Nerven theilw. durchs.	208	0.32	0.009	2.9	0.29	0.009	3.1
21	Curare	81	1.87	0.113	6.0	1.80	0.112	6.2
	Nerven durchschn. . .	95	1.16	0.065	5.6	1.29	0.076	5.8
22	Curare	186	0.80	0.053	6.6	0.76	0.060	7.8
	Nerven durchschn., ob sämmtliche?	81	0.74	0.037	4.9	0.64	0.067	10.4
27	Curare	57	0.84	0.056	6.6	0.70	0.101	5.72
	Nerven durchs. u. noch eine Dose Curare . .	41	0.83	0.018	2.2	0.00	0.000	0.00
28	Curare	12	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00
	Nerven durchschn. . .	150	0.67	0.026	3.84	1.53	0.079	5.61
24	Curare	55	1.10	0.087	3.4	0.80	0.023	2.8
	Nerven durchschn. . .	119	2.94	0.081	2.8	1.85	0.048	2.6
29	Curare	95	0.00	0.000	0.00	15 Minuten nach der Nervendurchschneidung begann erst die Absonderung.		
	Nerven durchschn. . .	76	1.45	0.050	3.42			
30	Curare	70	0.00	0.000	0.00			
	Nerven durchschn. . .	75	0.44	0.016	3.75			
31	Curare	55	0.00	0.000	0.00			
	Nerven durchschn. . .	115	0.70	0.004	0.64			

nach der Durchschneidung abgeflossen sind, ergibt sich, dass nach der Durchschneidung der Nerven die Harnbildung in der Regel vermehrt ist, denn das Mittel der Harnmengen für je 10 Minuten aus den Versuchen der operirten Seite stellt sich vor der Durchschneidung auf 0.53 Cbc., während es nach derselben 1.03 Cbc. beträgt. Vergleicht man die einzelnen Versuche unter einander, so findet man jedoch auch die für das unvergiftete Thier geltende Erscheinung bestätigt, dass der Lähmung der Nierennerven nicht jedesmal eine vermehrte Harnabsonderung folgt. Sehr beachtenswerth ist es jedoch, dass nach der Durchschneidung die Absonderung jedesmal wiederkehrte, wenn sie in Folge der Curarevergiftung vollständig in das Stocken gerathen war.

Der Einfluss, den die Durchschneidung auf die Abscheidung des Harnstoffs übt, ist allerdings in den verschiedenen Beobachtungen nicht überall derselbe, aber die Versuche lassen trotzdem wohl keinen Zweifel darüber, dass die Abscheidung des

genannten Stoffes während der Lähmung der Nerven eine geringere gewesen, als die vorher auf derselben Seite vorhandene und die gleichzeitig auf der gegenüberliegenden Seite gewesene. Diese Bemerkung gilt selbstverständlich nur für die Fälle, in welchen die Harnabsonderung vor der Durchschneidung nicht vollständig unterdrückt war. Nimmt man nach Abzug der letzteren Beobachtungen das Mittel aus den noch übrigen Zahlen, so findet man, dass es vor der Durchschneidung für je 10 Minuten 53 Milligramme, nach der Durchschneidung aber für den gleichen Zeitraum nur 42 Milligramme betragen hat. Zu derselben Zeit, als diese Menge auf der operirten Seite abgesondert wurde, schieden sich auf der entgegengesetzten Seite 56 Milligramme ab. Aus einer Durchsicht der einzelnen Beobachtungen geht ferner hervor, dass die absolute Menge von Harnstoff, welche während der Nervendurchschneidung abgesondert wurde, die vor der letztern ausgeflossene überragt, wenn dasselbe auch mit dem Volum des gebildeten Harnes der Fall war (26, 24), dass dagegen die absolute Menge des Harnstoffs nach der Nervendurchschneidung kleiner wurde, wenn das Harnvolum die vor der genannten Operation erlangte Grösse gerade nur erreichte (22, 27), oder gar geringer war (21). — Dies Verhältniss, in welchem der Harnstoff zur Wasserabscheidung $\left(\frac{\overset{+}{Ur}}{HO}\right)$ steht, ist dagegen durchweg nach der Nierendurchschneidung kleiner als vorher; so dass in Folge der letztern die Wasserabscheidung vorzugsweise begünstigt erscheint.

Dieses Verhalten gewinnt für die Frage, durch welche Mittel das Curare auf die Harnabsonderung wirkt, insofern eine Bedeutung, als es den Kreis der möglichen Erklärungsarten einschränkt. Unter den auf pag. 440 erwähnten die Harnstoffabsonderung herabsetzenden Bedingungen wurde auch die sehr verlangsamte Harnabscheidung aufgezählt, gleichgiltig ob diese erzeugt war durch Widerstände für den Abfluss des Harns aus dem Ureter oder durch solche für den Zufluss des Blutes zur Niere. Da nun auch bei der Curarevergiftung der Harn langsamer abgesondert wird, so könnte man den verminderten Harnstoffgehalt auf Rechnung dieser Erscheinung setzen, wobei man es natürlich unentschieden lassen müsste, ob der Harnbewegung in den Kanälchen, z. B. durch Quellung der Epithelien, oder dem Blutstrom zu den glomerulis, z. B. durch Contraktion der

Muskelringe um die kleinen Arterien, ein vermehrter Widerstand entgegentrete. — Diese Erklärung erscheint aber sogleich ungenügend, wenn man sieht, dass die Harnstoffabscheidung sparsamer wird, trotzdem dass das Volum des ausgeflossenen Harns sich gleichgeblieben ist.

Vergleicht man endlich die Erfolge, welche der Nervendurchschneidung am curarisirten im Gegensatz zum unvergifteten Thiere zukommen, so finden wir 1) dass bei beiden übereinstimmend die Abscheidung des Gesammtharns durch die genannte Operation vermehrt werden kann. Ueber das unmittelbare Ergebniss des Versuchs hinausgehend wird man hierin einen Beweis dafür finden, dass auch im curarisirten Zustande eine tonische Erregung der centralen Nervenenden bestehe, welche den Blutstrom durch die Niere und damit die Harnabsonderung beschränke. Aus zahlreichen anderen, freilich nicht an der Niere unternommenen Versuchen ist es nun ferner bekannt, dass die Lähmung der Gefässnervenstämme, während des Curarismus sehr häufig von einem geringeren Erfolge für die Anfüllung des gelähmten Gefässbezirkes ist, als ohne die Vergiftung. Unter der Voraussetzung eines ähnlichen Verhaltens für die Niere würde es verständlich sein, warum die Durchschneidung der Nierennerven am vergifteten Thiere häufiger als am unvergifteten zu keiner vermehrten Absonderung führt. — 2) Nach der Durchschneidung sinkt beim vergifteten und beim unvergifteten Thiere der Procentgehalt des Urins an Harnstoff; also auch insofern besteht zwischen beiden Versuchsreihen Uebereinstimmung; sie finden sich jedoch dadurch in einem bemerkenswerthen Gegensatz, dass 3) nach der Durchschneidung der Nerven am unvergifteten Thiere die absolute Menge des in der Zeiteinheit abgeschiedenen Harnstoffs stets anwächst, während sie danach beim curarisirten Thiere häufig absinkt. Es bleibt also auch nach der Nervendurchschneidung eine der wesentlichen Folgen bestehn, welche die Curarevergiftung nach sich zieht. Darum ist es nicht gestattet, die Ursache der durch die letztere veränderten Nierenthätigkeit allein in einer Erhöhung des Tonus zu finden, welche im Gehirn entwickelt wird.

Eine weitere Variation meiner Versuchsreihe bestand darin, die beiden Eingriffe, die bis dahin geübt wurden, miteinander zu verbinden, mit anderen Worten, an dem curarisirten Thiere

die Nierennerven zu durchschneiden und dann zugleich Harnstoff in die Venen zu spritzen.

Durch diese Anordnung des Versuchs konnten also die Absonderungserscheinungen verglichen werden, welche die Niere während der Nervenlähmung bei geringerem und bei grösserem Harnstoffgehalte des Blutes darbot. Die Daten, welche aus der Versuchsreihe hervorgegangen sind, gibt die folgende Zusammenstellung. *) Nach ihr wurden also zunächst am curarisirten Thiere die Nierennerven einseitig durchschnitten und der Harn meist beiderseits aufgefangen, dann wurde Harnstoff in die vena jugularis eingespritzt und die Harnabsonderung abermals beobachtet. Alles Weitere zum Verständniss der Zahlen ergibt sich aus den Ueberschriften.

Wenn das Blut, dessen Harnstoffgehalt durch die Einspritzung des letztern vermehrt worden ist, auf die Niere mit durchschnittenen Nerven wirkt, so erfolgt nun in der Regel eine bedeutendere Vergrösserung des Harnvolumens. Während im Mittel aus allen Versuchen vor der Harnstoffeinspritzung in je zehn Minuten 1,10 Cbc. abflossen, kamen nach derselben in je zehn Minuten 2,33 Cbc. zum Vorschein. Vergleicht man die abgeschiedenen Harnvolumina in den einzelnen Beobachtungen, so findet sich unter den zehn Fällen nur zweimal keine Steigerung desselben. Diese beiden aus der Reihe fallenden Beobachtungen zählen jedoch zu den ersten, die ich überhaupt über Harnabsonderung angestellt habe. In einem derselben war die Menge des eingespritzten Harnstoffs unbekannt und in dem anderen war möglicher Weise bei der Anwendung des Curare nicht die Sorgfalt geübt, die in den späteren Versuchen gebraucht wurde. Aus diesen Gründen muss es dahin gestellt bleiben, ob den beiden Versuchen derselbe Werth beizulegen ist, den die anderen besitzen. Da ich mir jedoch bei ihrer Ausführung keines Fehlers bewusst bin, so habe ich mich nicht für berechtigt gehalten, diese Beobachtungen zu unterdrücken.

Zugleich mit dem vermehrten Austritt des Wassers stellt sich jetzt auch eine reichlichere Harnstoffabscheidung ein; dieses ergeben die Mittelzahlen des Harnstoffs für je 10 Minuten vor und nach der Einführung des Harnstoffs in das Blut; vor derselben stellt sich die ausgeschiedene Harnstoffmenge zu 39 Milli-

*) Siehe die Tabelle auf folgender Seite.

Nr. des Versuchs.	Bemerkungen	Dauer der Beob.	Niere mit durchschnitt. Nerven				Niere mit unverletzten Nerven			
			In 10 M. abges. Harn Cbc.	In 10 M. abges. Harnstoff.	Harnstoff Proc.	Chlor proc.	In 10 M. abges. Harn. Cbc.	In 10 M. abges. Harnstoff.	Harnstoff Proc.	Chlor proc.
		Minut.		Gramme				Gramme		
32	Cur. Nerv. durchschnitten	119	2.94	0.081	2.80	—	1.85	0.048	2.6	—
	Harnstoff eingespr. 6 Gr.	80	3.75	0.107	3.48	—	1.13	0.028	2.5	—
22	Cur. Nervendurchs. ob sämmtl.? . .	81	0.74	0.037	4.9	—	0.64	0.067	10.4	—
	Harnstoff eingespr. 4.5Gr.in40Cbc.HO	73	1.44	0.111	7.7	—	1.37	0.157	11.5	—
23	Cur. Nerv. durchschnitten	150	0.67	0.026	3.84	—	1.53	0.079	5.16	—
	Harnstoff eingespr. 4 Gr.	82	2.32	0.083	3.57	—	1.52	0.040	2.61	—
33	Cur. Harnstoff eingespr. 6 Gr.. . . .	65	1.14	0.056	4.96	—	1.57	0.078	4.96	—
	Nerven theilweise durchschnitten .	90	1.62	0.063	3.86	—	0.51	0.049	3.80	—
34	Nerv. durchs. Harnst. 4Gr. NaCl.1.5Gr.	80	1.05	0.017	1.50	0.24	1.03	0.037	3.56	0.94
	Cur. Harnst. 4 Gr. NaCl. 1.5 Gr. . .	169	2.51	0.044	0.18	0.10	0.50	0.010	1.96	0.24
35	Cur. Nerv. durchschnitten	76	1.45	0.050	3.42	—	—	—	—	—
	Harnstoff eingespr. 10 Gr..	51	8.04	0.116	1.48	—	—	—	—	—
36	Cur. Nerv. durchschnitten	75	0.44	0.016	3.75	—	—	—	—	—
	Harnstoff eingespr. 8 Gr.	60	1.67	0.022	1.34	—	—	—	—	—
37	Curare	80	0.55	0.026	4.7	—	0.85	0.034	3.97	—
	Nerven durchschn. Hst. eingespr. 6Gr.	110	0.60	0.019	3.21	—	0.38	0.014	3.52	—
38	Cur. Nerv. durchschnitten	95	1.16	0.065	5.6	—	1.29	0.076	5.8	—
	Harnstoff eingespr. Menge unbekannt	65	0.93	0.055	6.1	—	0.77	0.053	6.9	—
27	Cur. Nerv. durchschnitten	41	0.83	0.018	2.2	—	—	—	—	—
	Harnstoff eingespr. 5 Gr.	130	0.42	0.005	1.2	—	—	—	—	—

grammen, nach derselben dagegen zu 63 Milligrammen. Das Ergebniss, welches durch die Vergleichung der mittleren Harnstoffabscheidung auf der operirten Seite gewonnen wird, findet sich auch bestätigt, wenn man das Mittel aus den vergleichbaren Fällen der beiderseitigen Absonderungen zieht. In den Beobachtungen nämlich, in welchen der Harn beiderseits gesammelt wurde, ist nach der Harnstoffeinspritzung auf der operirten Seite die Harnstoffausscheidung für je 10 Minuten gleich 69 Milligrammen, während sie auf der Seite mit unversehrten Nerven gleich 46 Milligrammen gefunden wurde. — Für die Beurtheilung der vorstehenden Versuche ist das Verhalten der Niere mit unversehrten Nerven darum wichtig, weil es zeigt, dass die Vergiftung mit Curare eine vollkommene gewesen ist.

So wird also dem Zusammentreffen der Nervendurchschneidung und der Vermehrung des Harnstoffs im Blute das erreichbar, was jede derselben für sich allein nicht zu bewirken vermochte. Dieses Resultat war mir nicht allein unerwartet, sondern es scheint mir auch gegenwärtig unerklärlich. Wenn man annimmt, dass nach der Zerschneidung der Nierennerven, beziehungsweise nach der Loslösung ihrer Peripherie von der tonischen Erregung ihrer centralen Enden, der Blutstrom der Niere nur quantitativ geändert werde, so hätte doch jedenfalls, wenn auch in beschränkter Weise, die Harnstoffeinspritzung vor der Durchschneidung zu einer vermehrten Ausscheidung des Harnstoffs führen müssen. Denn dieses würde die strenge Consequenz der andern jetzt giltigen Annahme gewesen sein, dass die grössere Dichtigkeit des Harnstoffs im Blute eine erhöhte Abscheidung desselben hervorrufe. Wollte man aber annehmen, dass mit der Durchschneidung der Nerven die Wirkung des Curare auf die Niere aufgehoben sei, so würde es unerklärt bleiben, wesshalb nach dieser Operation (ohne gleichzeitige Einspritzung von Harnstoff) die Niere nicht zu den Absonderungserscheinungen befähigt ist, die ihr vor der Curarevergiftung eigenthümlich waren.

Immerhin bleibt es jedoch möglich, dass zwischen der Absonderung nach der Nervendurchschneidung und Harnstoffeinspritzung, die vor und die während der Curarevergiftung besteht, ein quantitativer Unterschied existirt. Für die Entscheidung dieser Frage lieferte die vorstehende Versuchsreihe nur einen Beitrag. Um sie zum vollen Austrag zu bringen, wäre es

nothwendig gewesen, die Anordnung des Versuches Nr. 34 öfter auszuführen. In diesem Falle wurden, wie man sieht, die Nerven durchschnitten und gleich nachher Harnstoff eingespritzt. Als nun die nöthige Quantität Harn aufgefangen war, wurde erst die Vergiftung mit Curare vorgenommen und eine neue Harnstoffeinspritzung bewerkstelligt. Als jetzt abermals die Harnabsonderung beobachtet wurde, fand sich das Harnvolumen und der Harnstoff beträchtlich vermehrt. Somit scheint diese Beobachtung dafür zu sprechen, dass sich durch die Verbindung der Nervendurchschneidung und der Harnstoffbereicherung die Wirkung des Curare vollständig aufheben lasse. Trotz dieses günstigen Falles habe ich es vorgezogen, diese Versuchsreihe erst nach Ausführung weiterer Vorarbeiten wieder aufzunehmen. Dessbalb muss ich vorerst die Erledigung des angeregten Zweifels spätern Arbeiten überlassen.

Das Verhalten des Harnstoffs während der Curarevergiftung führte unmittelbar zu der Frage, ob dasselbe ein für diesen Stoff specifisches sei oder ob sich auch andere feste Harnbestandtheile z. B. die Chlorverbindungen desselben ähnlich verhielten. Die Versuchsreihe, welche über diesen Punkt Aufklärung verschaffen sollte, war ähnlich eingerichtet, wie die mit dem Harnstoff unternommene. Den wesentlichen Inhalt derselben gibt die nachstehende Zahlenreihe. Die erste unter I stehende Abtheilung vergleicht die Absonderung des Chlors im vergifteten und unvergifteten Zustand, nachdem eine Einspritzung von concentrirter Kochsalzlösung in die Venen stattgefunden hatte; die unter II stehende Reihe gibt Aufschluss über die vereinigte Wirkung der Nervendurchschneidung und der Kochsalzeinspritzung.

I.

Nr. des Versuchs.	Bemerkungen	Dauer der Beob.	Rechte Niere			Linke Niere		
			In 10 M. abges.		Chlor proc.	In 10 M. abges.		Chlor proc.
			Harn Cbc.	Chlor in Gr.		Harn Cbc.	Chlor in Gr.	
		Min.						
39	Unvergift. NaCl. 1.5 Gr.	120	1.02	0.004	0.41	0.75	0.002	0.25
	Curare, NaCl. 0.75 Gr.	195	0.40	0.001	0.20	0.45	0.001	0.24
40	Unvergift. NaCl. 1.5Gr.	105	1.43	0.009	0.59	0.88	0.005	0.58
	Curare, NaCl. 0.75 Gr.	170	0.60	0.002	0.41	0.69	0.003	0.50
41	Unvergift. NaCl. 1.5Gr.	60	1.88	0.043	2.34	1.70	0.026	1.57
	Curare, NaCl. 0.75 Gr.	120	0.89	0.008	0.91	1.22	0.005	0.95

II.

Nr. des Versuchs.	Bemerkungen	Dauer der Beob.	N. m. durchs. N.			N. m. unvers. N.		
			In 10 M. abges. Harn Cbc.	In 10 M. abges. Chlor in Gr.	Chlor proc.	In 10 M. abges. Harn Cbc.	In 10 M. abges. Chlor in Gr.	Chlor proc.
		Min.						
42	Nerven durchschnitten NaCl. 0.75 Gr. . . .	80	1.05	0.003	0.24	1.03	0.010	0.94
	Curare NaCl. 0.75 Gr. .	169	2.51	0.002	0.10	0.50	0.001	0.24
43	Curare Nerven theilw. durchschnitten . . .	137	2.57	0.013	0.52	—	—	—
	NaCl. eingespr. 3.75Gr.	32	3.42	0.025	0.91	—	—	—
	Curare abermals . . .	37	3.08	0.017	0.53	—	—	—
44	Cur. Nerv. durchschn.	115	0.70	0.008	1.18	—	—	—
	NaCl. eingespr. 4.5 Gr.	169	1.69	0.023	1.23	—	—	—
45	Curare	67	0.00	0.000	0.01	—	—	—
	Nv. durchs. NaCl. 3 Gr.	40	0.85	0.011	1.32	—	—	—

Auch ohne die Benutzung von Mittelwerthen ist augenblicklich zu erkennen, dass sich die Chlorverbindungen des Harns genau so verhalten, wie der Harnstoff. Nach dem Eintritt des Thieres in den vergifteten Zustand sinkt die Menge des Chlors absolut und relativ ab, während durch eine Vereinigung der Nervendurchschneidung und der Kochsalzeinspritzung ein Ansteigen der herabgeminderten Harnvolumina und Chlormengen bewirkt werden kann.

Eine kurze Zusammenfassung der Thatsachen, welche ich über die Harnabscheidung im Höhezustand der Curarevergiftung gesehn, lautet dahin. Nicht alle Nieren verhalten sich gleichmässig, aber in weitaus der überwiegenden Mehrzahl derselben stellen sie ihre absondernde Thätigkeit entweder ganz ein oder vermindern dieselbe um ein sehr beträchtliches. Obwohl das Curare gleichzeitig auch den Blutdruck unter die Grenze herabbringt, bei welcher die Nieren aus einem Blut von mässigem Harnstoffgehalt noch Harn zu gewinnen vermögen, kann doch in der Regel dies Stocken oder Absinken der Harnabsonderung hieraus nicht erklärt werden, theils weil sich Beides auch dann findet, wenn der Blutdruck weit über der genannten Grenze erhoben blieb, und theils weil nach der Durchschneidung der [illegible]ennerven die bis dahin unterdrückte Harnabsonderung wie[illegible]auflebt. — Die Verminderung der absondernden Thätig[illegible] der Niere erstreckt sich nicht gleichmässig auf alle Harn[illegible]andtheile, denn wenn auch jeder derselben in geringerem [illegible]asse abgeschieden wird, so geschieht dieses doch in höherem

Grade mit dem Harnstoff und den Chlorverbindungen, als mit dem Wasser. Demgemäss findet sich während der vollen Vergiftung trotz der verlangsamten Absonderung ein verdünnter Harn, ähnlich wie dieses der Fall, wenn die Harnabsonderung durch einen Gegendruck im Ureter oder durch eine Verminderung des Blutstroms in der Niere herabgesetzt wird. Dieses Zurücktreten der Absonderungsgeschwindigkeit von Chlorverbindungen und von Harnstoff ist jedoch im Gegensatz zu den zuletzt genannten Ursachen während der Curarevergiftung nicht dadurch aufgehoben, dass die absondernde Thätigkeit der Niere gesteigert wird, oder mit andern Worten nicht dadurch, dass das Volum des abgesonderten Harnes wächst. Dieses letztere ist auch während der Curarevergiftung oft dadurch erreichbar, dass man die Nierennerven durchschneidet; der Harn, der dann abfliesst, führt nun zwar in der Zeiteinheit häufig mehr Wasser, aber noch weniger Harnstoff als vorher aus. Die dem Einfluss centraler Erregungen entzogene Niere liefert also während der Curarevergiftung einen vorzugsweise verdünnten Harn. — Das Zurücktreten der Absonderung von Harnstoff und von Chlorverbindungen ist auch, vorausgesetzt, dass die Nierennerven unverletzt blieben, nicht dadurch zu beseitigen, dass man Kochsalz oder Harnstofflösung in das Blut einspritzt. — Aus allem diesem ist zu schliessen, dass die Niere während der Curarevergiftung aus irgend welchem uns unbekannten Grunde an der Abscheidung des Harnstoffs und der Chlorverbindungen mehr behindert ist als an der des Wassers. Die Hemmung, welche der Curarismus der Absonderung des Wassers entgegensetzt, kann zum Theil wenigstens gehoben werden mittelst der Nervendurchschneidung, machtlos erweist sich dagegen diese Operation gegen die Hemmung der Chlor- und Harnstoffabsonderung. Wird dagegen, wenn die Nerven durchschnitten sind, der NaCl- oder Harnstoff-Gehalt des Blutes vermehrt, so wird nun die störende Wirkung des Curare durchbrochen. — Nach allem diesem dürfte es berechtigt sein, dem Curare einen specifischen Einfluss auf die Harnabsonderung zuzuschreiben.

Zum Schlusse muss ich noch einer Erscheinung gedenken, welche von einer neuen Seite her die Wirkung des Curare beleuchtet. In einer meiner Beobachtungen bemerkte ich zufällig, dass der Harn rascher zu fliessen begann, als die künstliche Respiration bei Beendigung des Versuches unterbrochen wurde.

In diesem Falle waren links die Nierennerven durchschnitten. Diese Seite hatte während der ganzen Versuchsdauer, welche sich über 282 Minuten erstreckte, Harn geliefert, auf der entgegengesetzten Seite war nur während der ersten 57 Minuten Harn geflossen, von da an stockte die Absonderung, trotzdem dass im Verlaufe des Versuches Harnstoff und Kochsalz in das Blut gespritzt worden war. Nachdem jedoch die künstliche Athmung unterbrochen war, begann der Harn tropfenweise aus der Canüle des rechten Ureters hervorzufliessen.

Durch dieses Vorkommen aufmerksam gemacht, habe ich noch öfter auf den Zustand des Harnflusses während der beginnenden Erstickung Rücksicht genommen und noch dreimal die beschriebene Erscheinung gesehen, die also im Allgemeinen darin bestand, dass der Harnausfluss rascher wurde, wenn schon die Zahl der Herzschläge während der beginnenden Erstickung sich sehr bedeutend herabgemindert hatte.

Gewöhnlich vermehrte sich der Abfluss des Harns vorzugsweise auf der Seite, auf welcher die Nierennerven durchschnitten waren, einmal jedoch zeigte sich auch das entgegengesetzte Verhalten. Ob diese Erscheinung auf Rechnung des hohen Blutdruckes zu setzen ist, welcher dem Erstickungstode vorauszugehn pflegt?

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

